UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Faculdade de Ciências e Tecnologia

Departamento de Ciência e Engenharia do Ambiente

Eficiência Energética no Terminal Multipurpose do Porto de Sines

Vera Cisneiros de Faria Fernandes

Dissertação apresentada na Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, perfil Gestão e Sistemas Ambientais

Orientador: Prof. Doutor João Joanaz de Melo

Lisboa, 2009

Agradecimentos

Ao Engenheiro Francisco Mocho da PortSines, um grande obrigada pelo tempo dispendido aquando das minhas visitas ao terminal, pelos dados facultados, pelas sugestões, pela disponibilidade e prontidão nas respostas aos e-mails, e pelos esclarecimentos concedidos relativamente a todas as questões que envolvem o TMS.

Ao Professor João Joanaz de Melo, agradeço pela orientação dada ao longo desta etapa, por me ter recebido sempre que precisei, pelas sugestões e porque graças ao Professor, as frases longas e literárias se terem tornado mais cientificamente curtas.

Ao Comandante Brazuna Fontes da APS, obrigada pelos esclarecimentos e dicas nas diversas questões que foram abordadas. Ao Dr. Lynce de Faria pela simpatia e interesse demonstrado durante a realização de todo o trabalho. À Engenheira Adelaide, pela recepção e contactos direccionados dentro da APS. Ao Engenheiro Jorge Sá, pelas sugestões no *cold ironing*. Ao Comandante Américo Fontinha da APS por me ter fornecido os dados e características relativos aos navios que aportaram no TMS. Ao Pedro Santos, por me ter facultado as plantas da APS e do TMS.

Ao Sr. António Resende, do Centro de Comando e Controlo do TMS, por me ter ajudado a familiarizar com as operações e equipamentos do TMS assim como o transporte marítimo internacional.

À Engenheira Paula Sengo do IPTM, pelos contactos estabelecidos e sugestões.

Ao Sr. Miguel Sobral da General Cable.

Ao Sr. Paulo Pimenta da Barloworld Stet.

Ao Professor Rui Chedas de Sampaio, da Escola Náutica Infante Henrique.

Ao Sr. Paulo Miguel da ABB pelas informações transmitidas.

Ao Sr. Nuno Felgueiras da Philips, pelo empréstimo do luxímetro e sugestões.

Ao Sr. Carlos Henriques da Siemens pelos esclarecimentos.

Ao Sr. Leonel Regalado da ForMast.

Ao Sr. Carlos Reis, Sennebogen.

Ao Sr. José Ramalho, da EuroSolution.

Ao Sr. Mário Silva da Portline.

Ao Sr. João Pratas, da SEW-Eurodrive obrigada pelas informações facultadas.

Ao ex-FCT João Garrido da K-solar, pelas sugestões e deslocações realizadas para realização do orçamento para a implementação dos painéis solares.

Ao Professor António Gabriel Santos, pelas informações transmitidas relativamente aos transportadores de correia.

Ao Professor Rui Neves da Silva, pelos esclarecimentos e sugestões.

Ao Professor Mário Ventim Neves pelas sugestões, esclarecimentos e termos técnicos de electrotécnica e ainda pela verificação do exercício da alteração da localização do transformador no TMS.

À Frau Eva Arning e ao Herr Michael Schmidt do Porto de Kiel, por me terem apoiado durante a minha breve visita de estudo particular.

Aos meus pais, por me terem proporcionado a oportunidade de realizar o curso e ao Manfred que sempre verificou tantos dos meus trabalhos com rigor matemático e amizade. Ao meu querido irmão mais novo, “Tomi”, por tanto carinho e amizade.

Ao meu pai e ao meu avô de Tangil, de quem herdei este jeito de comunicar.

À minha mãe tão amiga, que me transmitiu o gosto pela leitura e pela escrita, pela motivação, paciência, disponibilidade, verificação dos textos, e por estar sempre presente nos momentos mais difíceis com palavras de encorajamento.

Ao Duarte, pela amizade, compreensão e paciência não só durante a realização deste trabalho, como ao longo de todo o curso.

Aos meus colegas Joana Cid, Luís Dias, Maria Amaro Ferreira, Sara Espada Pena e Tiago Lopes pela companhia, compreensão e amizade ao longo de todo o curso. E também à Rita Guerreiro, com quem partilhei as viagens para Sines e o trabalho lá realizado, pelas sugestões dadas nos meus “bloqueios”, pela amizade e pelas risadas nos bons e nos maus momentos. Agradeço ao Hugo Sabino pela ajuda prestada nas formatações. E à Andreia.

A todos os outros colegas e professores que de alguma forma contribuíram para o meu percurso escolar e universitário e ficarão por isso na minha memória.

Sumário

A eficiência energética é cada vez mais importante devido às motivações económicas e à emergência das alterações climáticas. Da sua melhoria resulta a redução de custos e de impactes negativos.

O transporte marítimo é fundamental para a troca de bens entre países, mas o consumo de combustível dos navios assume um papel relevante na utilização de energia. As operações portuárias têm também um impacte ambiental a não ignorar.

Os objectivos deste trabalho estão divididos em três vertentes: realização de uma auditoria energética ao Terminal Multipurpose, no porto de Sines; exploração do potencial de aplicação do *cold ironing* (fornecimento de electricidade do porto aos navios aportados, reduzindo a poluição gerada pela queima de combustível); discutir a hipótese de alteração da taxa de uso do porto, com introdução duma componente ambiental dependendo a taxa a aplicar do cumprimento de critérios ambientais.

Os resultados obtidos permitiram propor soluções para melhorar a eficiência energética do terminal. Estas medidas incidem na iluminação exterior, iluminação dos equipamentos, implementação de painéis solares térmicos para aquecimento de águas sanitárias e instalação de contadores de energia eléctrica para os principais responsáveis pelo consumo da mesma.

Demonstra-se que o tipo de medidas sugeridas permitem melhorar significativamente o desempenho energético e ambiental do terminal.

Palavras-Chave: eficiência energética; auditoria energética; emissões atmosféricas e navios; cold ironing; taxa de uso do porto.

Abstract

Energy efficiency is an increasingly important topic due to economic motivations and the emergence of climate changes. Improvement of energy efficiency results in reduction of costs and environmental impacts.

Maritime transport is crutial for the exchange of goods between countries, but the fuel consumption of ships takes an important role in energy use. Port operations also have a considerable environmental impact.

The objectives of this study are divided into three parts: an energy audit at the Multipurpose Terminal at the port of Sines; the potential for the application of cold ironing (harbor electricity supply to vessels thus reducing pollution generated if while a ship burns fuel during its staying in the harbor); to discuss the possibility of changing the rate of use of the port, introducing an environmental component, price of which depends on fulfilling environmental criteria.

The audit results enabled to propose measures for improving the energetic efficiency in the terminal. These measures focus on outdoor lighting, lighting equipment, implementation of solar thermal panels for shower hot water and installation of energy measuring devices in the main sources of electricity consumption.

It is shown that the type of measures suggested significantly improves the energetic and environmental performance of the terminal.

Keywords: energy efficiency, energy audit, air emissions and vessels, *cold ironing*, port tax.

Simbologia e notação

APS Administração do porto de Sines

AREAM Agência Regional da Energia da Região Autónoma da Madeira

CFC Clorofluorcarbonetos

CIMAC International Council on Combustion Engines

COV Compostos orgânicos voláteis

DGEG Direcção Geral de Energia e Geologia

dwt Deadweight tonnage – capacidade de transporte de carga, em toneladas, incluindo o combustível e outros bens necessários para a propulsão do navio.

EEDI Energy Efficiency Design Index

EEOI Energy Efficiency Operational Index

FER Fontes de energia renovável

GA Green Award

GEE Gases com efeito de estufa

GT Gross tonnage - Arqueação bruta: equivale ao volume total interno de um navio da quilha à chaminé.

HELCOM Comissão de Helsínquia

HFO Heavy Fuel Oil

ICOADS International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set

IFO Intermediate Fuel Oil

IMO Internacional Maritime Organization

MDO Marine diesel oil

MEPC Marine Environment Protection Committee

PNAEE Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética

PREn Planos de Racionalização dos Consumos de Energia

RGCE Regulamento de Gestão de Consumo de energia

SCR Selective Catalytic Reduction

SECA	SO_x Emissions Control Areas
SGCIE	Sistemas de Gestão de Consumo de Energia
SMA	Administração Marítima Sueca
t	Tonelada
tep	Tonelada equivalente de petróleo
TMS	Terminal Multipurpose
TUP	Taxa de uso do porto
VEV	Variadores electrónicos de velocidade

Índice de conteúdos

Índice de Figuras

Índice de Quadros

1 Introdução

1.1 Enquadramento

Em todo o mundo a utilização de energia tem tido um comportamento constantemente crescente, por forma a poder acompanhar as necessidades da elevada evolução demográfica e o desenvolvimento tecnológico cada vez mais presente na vida quotidiana. Para este efeito, os combustíveis fósseis têm servido a sociedade e todas as suas actividades de forma inegável, como se pode verificar pela Figura 1.1

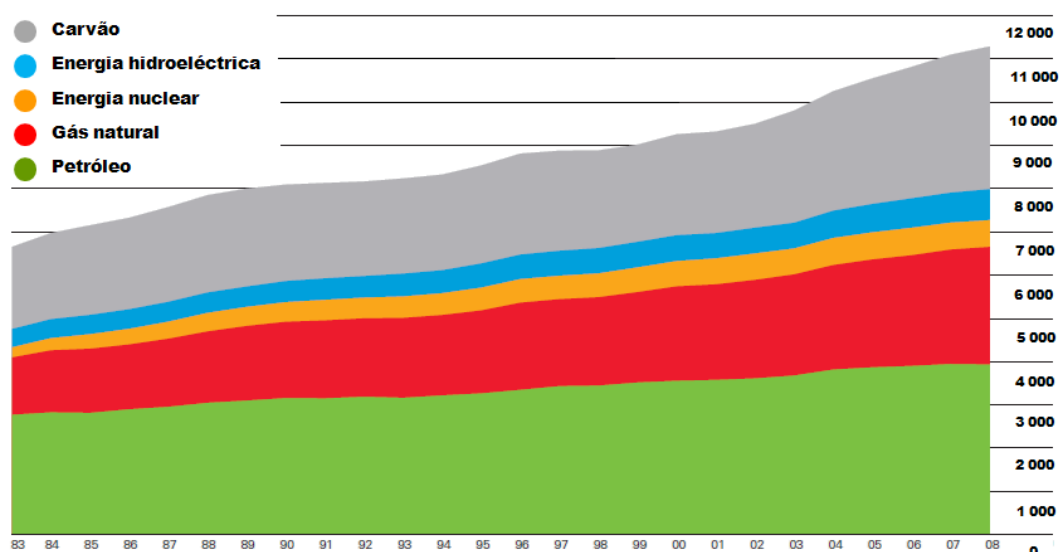



Figura 1.1 - Evolução do consumo mundial de energia primária, em Mtep. (BP, 2009)

No ano de 2008, o petróleo foi o combustível fóssil mais utilizado, seguindo-se-lhe o carvão. Porém, a disponibilidade dos combustíveis fósseis tende a escassear, porque para além de serem recursos finitos, para se obter energia requer-se, cada vez mais, mais energia. Para o carvão, a BP prevê que ainda existam reservas para mais 120 anos, mundialmente distribuídas conforme o quadro que se segue.

Quadro 1.1 - Reservas de carvão no fim de 2008, em Gt. (BP, 2009)

Distribuição mundial	Reservas de carvão (Gt)
África	32,0
América Central e do Sul	15,0
América do Norte	246,1
Ásia do Pacífico	259,3
Europa e Euroásia	272,2

Associados ao consumo de energia, resultam vários impactes de carácter ambiental, sendo o mais discutido actualmente o das alterações climáticas. Desta forma surgiu o conceito de uso eficiente de energia.

O uso eficiente de energia, ou também designado neste caso por eficiência energética, apresenta-se um instrumento importante para reduzir as emissões resultantes das actividades desenvolvidas, utilizando-se o mínimo de recursos, com o mínimo de prejuízo ambiental.

Hoje em dia as autoridades portuárias estão preocupadas com a repercussão que os factores ambientais podem ter nas suas operações portuárias. Se não acautelarem a qualidade das suas operações, serão elas as principais responsáveis pela diminuição dos clientes, que se habituaram a determinados padrões de qualidade noutros portos, mas também pelo impacte que as actividades portuárias causam ao ambiente. Assim, é imperativo que as questões ambientais sejam geridas eficazmente no momento actual, mas também a longo prazo.

Cada porto considera-se a si próprio como “único” pela sua localização geográfica, tipo de comércio, perfil, hidrografia e operações que permite ou oferece. No entanto, quanto às questões ambientais, os portos enfrentam desafios comuns, unindo por vezes esforços para em conjunto demonstrarem a sua preocupação pela protecção do ambiente e para atingirem uma maior sustentabilidade.

Segundo Naniopoulos (2006) o aparente dilema "protecção do meio ambiente na zona portuária ou desenvolvimento de um porto" tem sido um tema recorrente de diversos encontros e debates. Este dilema deixa de ser pertinente se os portos adoptarem os seguintes princípios na sua política visando a qualidade: desempenho económico eficiente, sustentabilidade ambiental e responsabilidade social. Perante isto, as questões ambientais têm-se tornado uma prioridade para todos os envolvidos no transporte marítimo, como irá ser abordado neste estudo.

A eficiência energética tem ainda um longo caminho pela frente até atingir o nível desejável, pelo que um dos principais aliados para a sua promoção nos portos é a realização de auditorias energéticas a instalações, equipamentos, processos, para aferir de melhorias possíveis e aconselháveis em todas as actividades.

1.2 Relevância do estudo

Este estudo principia uma nova fase a nível nacional, no que se refere à melhoria da eficiência energética dos processos e dos equipamentos envolvidos nas operações portuárias, permitindo ao porto de Sines, o único porto que importa carvão em Portugal, iniciar-se na

competitividade europeia em matéria de energia nas operações da movimentação do carvão, por forma a poder competir com os seus congéneres, não em tamanho, mas em qualidade.

Para a entidade exploradora este estudo é extremamente importante visto que até à actualidade, ainda não tinha sido realizada nenhuma auditoria energética às instalações do terminal multipurpose. Deste trabalho espera-se que possam vir a ser aproveitadas algumas sugestões e corrigidas observações relatadas, melhorada a eficiência energética, e que sejam, em suma, aplicadas as estratégias necessárias para se reduzir a factura energética da entidade em análise.

Esta tese procura introduzir e dar a conhecer o lado da navegação, na revisão de literatura, e o porto, na parte prática. Assim e aliando estas duas componentes estabelece-se uma relação entre a eficiência energética na navegação e a eficiência energética nas operações portuárias. Só unindo estas duas partes integrantes é que se pode falar de eficiência energética no transporte marítimo.

O transporte marítimo e todas as actividades que envolvem comércio por esta via são complexas. Existem diferentes mercadorias comercializadas, vários tipos de navios, múltiplas entidades envolvidas, uma cadeia logística dispersa e variada, legislação diferente em cada país, mas que tem de ser cumprida pelas embarcações que circulam nessas águas territoriais e usam esses portos. São múltiplos e poderosos os interesses económicos e políticos, pelo que o transporte marítimo é uma temática de grande importância não só para a economia mundial, mas também para as questões ambientais. Várias têm sido as medidas implementadas na navegação para reduzir as pressões e prejuízos ambientais causados pela movimentação de navios, como por exemplo as emissões resultantes da queima de combustível. No entanto, do lado terra as medidas adoptadas para reduzir os impactes ambientais resultantes das actividades desenvolvidas dependem muito do tipo de carga que entra e sai de cada terminal, da gestão do terminal e dos tipos de equipamentos envolvidos.

1.3 Objectivo e âmbito do estudo

Este trabalho tem como objectivo geral analisar a eficiência energética do Terminal Multipurpose do porto de Sines. Os objectivos específicos compreendem a realização de uma auditoria energética, em que seja analisada a situação energética actual do terminal e sejam propostas medidas que melhorem a eficiência energética. Desta forma dever-se-á alcançar a redução do consumo de energia e consequente redução de despesas, tendo como meta a melhoria da situação ambiental na área auditada. Pretende-se ainda explorar o mecanismo *cold ironing* e demonstrar o que poderá ser feito para que este mecanismo seja implementado

no terminal. Outro dos objectivos deste trabalho é apresentar uma ferramenta que permita que a taxa de uso do porto (TUP) em território nacional, tenha em consideração uma componente ambiental, que seja extensiva a todo o tipo de navios, diferenciando-os através de critérios.
Esta dissertação foca-se no porto de Sines, em especial no terminal multipurpose, com incidência especial nas actividades que envolvem o carvão. Apesar deste terminal também importar e exportar outros tipos de carga geral decidiu-se evidenciar única e exclusivamente o estudo nas operações que envolvem a movimentação do carvão, pois são estas as principais responsáveis pelo funcionamento do terminal.

O estudo foi apoiado pela concessionária do terminal multipurpose, PortSines, tendo sido efectuado em cooperação com a administração deste porto e do Instituto Portuário e dos Transportes Marítimos (IPTM), no âmbito de parcerias com a Universidade Nova de Lisboa – Faculdade de Ciências e Tecnologia.

1.4 Organização da dissertação

A dissertação encontra-se organizada da seguinte forma:

- Capítulo 2 – Descrição do caso-estudo: descrição espacial, descrição dos processos realizados, descrição da rede eléctrica, equipamentos utilizados, segurança.
- Capítulo 3 – Revisão da literatura: definição do conceito de eficiência energética, breve descrição da situação energética nacional e do Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE) destacando o programa referente à eficiência energética na indústria. Eficiência na navegação, referência aos combustíveis marítimos geralmente utilizados e emissões resultantes da movimentação dos navios na União Europeia (EU). Menciona-se a Convenção de MARPOL e outras medidas que têm sido praticadas para se alcançar a eficiência na navegação, realçando o mecanismo *cold ironing*. Estão ainda descritos incentivos destinados à melhoria da eficiência energética dos navios, pelo que é referido esquema da Suécia *Environmentally Differentiated Fairway Charges* e ainda um outro sistema, o *Green Award*, praticado pelos portos que o adoptaram.
- Capítulo 4 – Metodologia: explicação das várias etapas desenvolvidas para a realização da auditoria energética, referência aos dados facultados, distinção das formas de energia utilizadas (energia eléctrica e combustível) no terminal. São ainda referidos os procedimentos utilizados para a determinação das margens de melhoria pensadas.
- Capítulo 5 – Resultados e discussão: análise e discussão dos resultados obtidos nos diferentes processos e equipamentos, apresentação das emissões associadas ao consumo

das diferentes formas de energia, construção de indicadores. Identificação das oportunidades de melhoria a serem propostas para redução da factura energética, referência ao *cold ironing* a implementar no terminal multipurpose, sugestão de uma componente ambiental a ser adicionada à taxa de uso do porto, semelhante ao esquema sueco.

- Capítulo 6 – Conclusões: identificam-se os principais resultados e conclusões obtidas. É traçado o cumprimento dos objectivos e acções futuras que poderão ser desenvolvidas no seguimento deste trabalho.

2 Descrição do caso-estudo

2.1 O Porto de Sines

A Administração do Porto de Sines (APS) foi criada em Dezembro de 1977, através do Decreto-Lei n.º 508/77, com função de gerir e explorar o Porto de Sines.

O porto de Sines entrou em funcionamento em 1978 e está situado a 37º57´ latitude norte e a 8º52´ longitude oeste, a 58 milhas náuticas a Sul de Lisboa. Apresenta uma posição estratégica pois está num local central, de passagem das principais rotas marítimas internacionais.

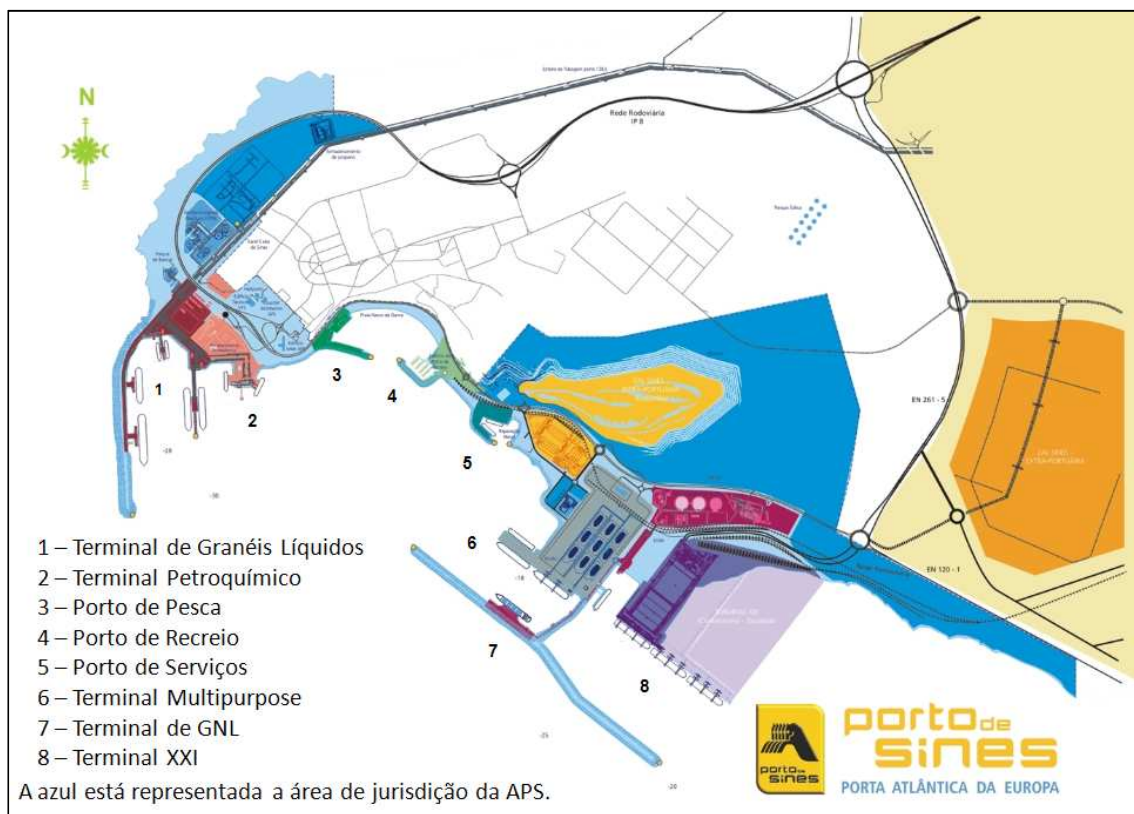



Figura 2.1 - Mapa do porto de Sines.

(Fonte:http://www.portodesines.pt/edoc/publishing/img/home_233/fotos/54172343891841470932.jpg)

Também para o país é extremamente importante a situação deste porto, pois é a porta de entrada para o abastecimento de energia em Portugal: gás natural, carvão, petróleo.

O porto de Sines é um porto de águas profundas, possui fundos naturais e não sujeitos a assoreamento, sendo por isso capaz de receber navios de grande porte. A APS tem por objecto administrar o porto de Sines, visando a sua exploração económica, conservação e desenvolvimento e abrangendo o exercício das competências e prerrogativas de autoridade portuária. (APS, 2009)

O porto de Sines possui cinco terminais e apresenta outros edifícios relacionados com a sua actividade de gestão portuária (ver quadro 2.1).

Quadro 2.1 - Breve caracterização dos terminais existentes na APS.
(http://www.portodesines.pt/pls/portal/go)

Designação do terminal	Concessionária	Principais Produtos movimentados
Terminal de Granéis Líquidos (TGL)	CLT – Companhia Logística de Terminais Marítimos	Ramas, refinados, LPG, metanol e nafta química
Terminal Petroquímico (TPQ)	Repsol Polímeros	Propileno, etileno, butadieno, etanol, metanol
Terminal Multipurpose de Sines (TMS)	PortSines	Granéis sólidos, carga geral e ro-ro
Terminal de Gás Natural (TGN)	REN Atlântico	Gás natural
Terminal de contentores de Sines (TXXI)	PSA Sines -Port Singapore Authority	Carga contentorizada

Este estudo tem como objecto de análise o Terminal Multipurpose de Sines (TMS), o qual apresenta a particularidade de importar carvão, e realizar trocas comerciais de outros tipos de carga geral.

2.2 Terminal multipurpose

O Terminal Multipurpose foi criado para alimentar as centrais termoeléctricas de Sines e do Pego. Por forma a dinamizar o pólo industrial de Sines, desenvolveu-se a ideia de movimentar outro tipo de mercadorias para além do carvão.

O Terminal Multipurpose é concessionado à PortSines - Terminal Multipurpose de Sines, S.A., apresentando um Regime de Concessão de Serviço Público e um regime de exclusivo para o tráfego de carvão. A 2 de Maio de 1992 iniciou-se o prazo da concessão o qual será válido até 1 de Maio de 2017, prolongando-se assim durante 25 anos.

Segundo o manual da qualidade da PortSines, esta foi fundada a 31 de Outubro de 1990 e teve a responsabilidade da construção das infra-estruturas terrestres, assim como a instalação dos equipamentos necessários para a descarga e expedição do carvão.

A primeira fase do projecto de construção de infra-estruturas e de instalação de equipamentos foi completada em 1 de Maio de 1992 e a segunda fase em 1 de Julho de 1994, ficando o terminal a beneficiar das seguintes disponibilidades e capacidades na movimentação de carvão:

- Atracação e descarga de navios de grande porte (até 160 000 t dwt);
- Capacidade de descarga:
  - a) Superior a 20 000 t/dia (navios até 40 000 t dwt)
  - b) Superior a 30 000 t/dia (navios entre 40 000-60 000 t dwt)
  - c) Superior a 35 000 t/dia (navios com mais de 60 000 t dwt)
- Capacidade de armazenamento de carvão: aproximadamente 400 000 t;
- Capacidade de envio directo por transportador para a central de Sines: 1 800 t/h;
- Capacidade de carga em vagões até 1 500 t/h.

Em 1 de Agosto de 1997 conclui-se um novo projecto de ampliação para satisfazer o *transshipment* de carvão e para aumentar a capacidade de armazenagem e movimentação de granéis, tendo sido instalados um sistema de carga de navios (*shiploader*), um novo *stacker-reclaimer* e construído um novo local de depósito de carvão. A capacidade instalada para a carga de navios é de 1 500 t/h e a capacidade de armazenamento de carvão aumentou para as 700 000 t.

Prosseguindo a sua política de expansão e diversificação, com vista a fazer face a novos desafios, a PortSines utiliza, desde 2001, um prolongamento do cais principal, visando a adequação do terminal à descarga e movimentação de carga geral, granéis e de contentores e à possibilidade de atracação simultânea, para descarga de carvão, de dois navios de grande porte.

Actualmente a PortSines é certificada pela NP ISO 9001:2008, e possui o código *International Ship and Port Facility Security Code* (ISPS).

2.3 Organização espacial

O Terminal Multipurpose apresenta uma área de 35 hectares, possuindo 5 postos para acostagem:

- Cais de descarga de carvão (1A);
- Cais de carga geral (1B e 2)
- Cais de carga geral com rampa ro-ro (3)
- Cais de carga de carvão (4),

No cais 1B e 2 são movimentadas as outras cargas gerais do terminal.

O terminal compreende os seguintes edifícios: Edifício administrativo, Subestação Eléctrica Norte, Subestação Eléctrica Sul (com sala de comando e controlo), Central de bombagem, Edifício Portuário, Portaria, Edifício de apoio ao cais.

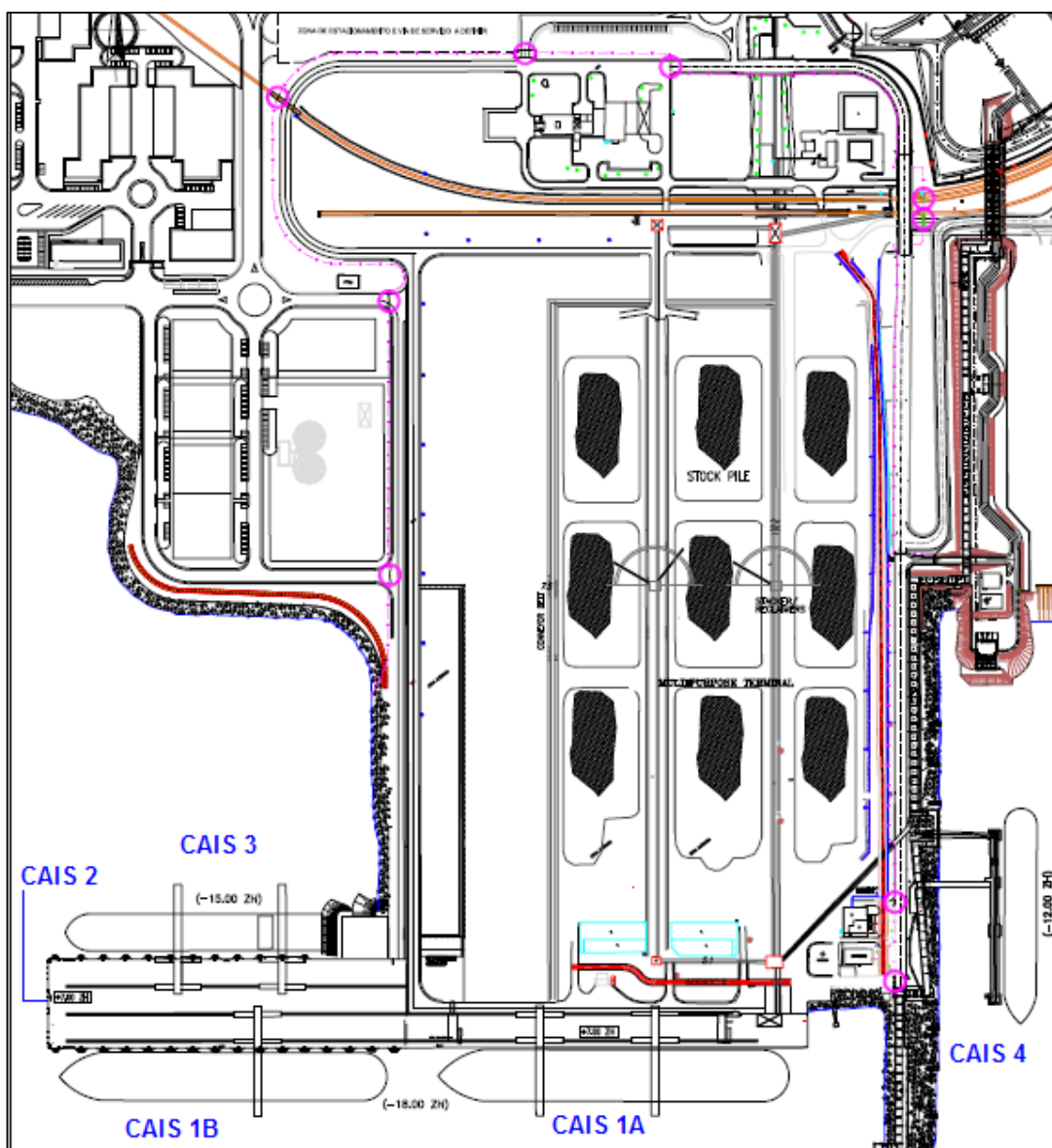



Figura 2.2 - Planta do terminal multipurpose, com as principais infra-estruturas. (Facultado pela APS)

Existe uma área a céu aberto que armazena o carvão, em forma de pirâmides, as quais se designam por "pilhas de carvão". Esta zona está dividida em três parques de armazenagem de carvão, com as características apresentadas no quadro 2.3.

Quadro 2.3 - Caracterização do parque de deposição de carvão.

	Comprimento (m)	**Largura (m)**	**Área (m^2)**
Parque 1	500	68	34 000
Parque 2	500	84	42 000
Parque 3	450	56	25 200

O parque de armazenamento de carvão (figura 2.3 a) serve também de suporte para as operações de carga de outros granéis sólidos, como a estilha (figura 2.3 b).

Figura 2.3 - Parques de armazenagem de carvão.

As pilhas de carvão são pulverizadas com os aspersores (45) localizados no perímetro dos 3 parques de carvão, sempre que as condições meteorológicas a tal obriguem (ventos fortes e tempo seco).

Figura 2.4 - Representação dos aspersores existentes no TMS.

Também a envolvente da pilha de carvão é pulverizada se existir uma grande movimentação de máquinas/camiões, ou quando estão a decorrer operações de rechego (quando se transfere a pilha de um local para outro). Assim, a pulverização ocorre com a finalidade de proteger a saúde dos trabalhadores, e evitar o pó, permitindo a continuidade do trabalho que está a ser desenvolvido.

Mas este terminal não se dedica exclusivamente ao carvão: possui ainda um parque para carga e descarga de outros granéis e carga geral.

2.4 Descrição dos processos do TMS

O terminal multipurpose está em funcionamento 24 horas por dia durante 361 dias por ano. Os únicos dias em que o terminal está parado são: 1 de Janeiro, Domingo de Páscoa, dia do trabalhador e dia de Natal.

Os processos desenvolvidos no terminal são:

➢ Descarga: retira-se o carvão existente no navio através do balde (figura 2.5 a), que é controlado manualmente por um operador que se encontra no pórtico. O carvão importado “cai” na tremonha (figura 2.5 b), de onde segue para os transportadores de correia (figura 2.5 c) tendo como destino:

1. Um dos três parques de pilhas de carvão (figura 2.5 d), onde é depositado através da *stacker-reclaimer*,
2. Ou directamente para a central termoeléctrica de Sines, através do transportador de correia designado para este efeito.

A passagem de carvão de um transportador para o outro é realizada nas torres de transferência (TS), espaço coberto, para, caso a troca de carvão entre transportadores sofra algum contratempo, o carvão ficar retido neste espaço, não havendo lugar à sua dispersão.

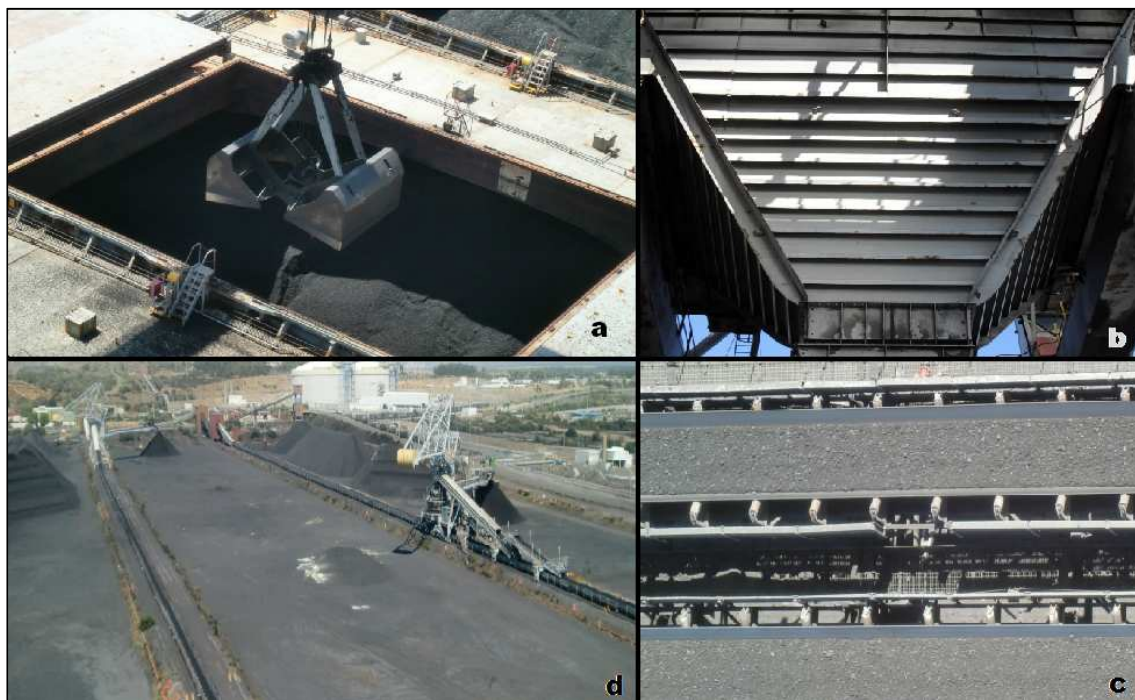



Figura 2.5 - Processo de descarga.

No processo de descarga de carvão ocorrem paragens, denominadas de "tempo de paragem pela operação": quando o balde precisa de ser lubrificado (processo que leva cerca de 15 minutos); caso se verifique uma falha ou avaria em algum dos equipamentos e para o descanso dos operadores dos pórticos (de 2 em 2 horas).

➢ Carga: ocorre o carregamento do carvão existente nos parques de pilhas de carvão, donde a stacker-reclaimer retira o carvão, colocando-o depois nos transportadores, os quais direccionam o carvão para o *shiploader*, que tem como função despejar o carvão para dentro de um navio;

➢ Retoma: quando o carvão está empilhado é enviado para o cliente por uma destas três vias: ferroviária (através de vagões que têm como destino a central termoeléctrica do Pego), rodoviária e por um transportador de correia para a central termoeléctrica de Sines.

O percurso do carvão dentro do TMS é feito pelos transportadores de correia e está representado na figura que se segue.

Figura 2.6 - Diferentes itinerários e processos realizados no TMS.

O processo de retoma para a central termoeléctrica de Sines é o mais lento, pois a capacidade que a linha da EDP apresenta é de 1 800 t/h, pelo que a stacker-reclaimer tem de funcionar de acordo com a capacidade do transportador que movimenta o carvão do TMS para a central.

O processo de retoma pode demorar horas, ou dias, dependendo das condições existentes no TMS, ou seja, se o carvão a ser retirado do parque está no início ou no fim da pilha, mas também conforme estejam a existir outras operações em simultâneo.

Quando existe vento, o carvão poderá cair no solo, pelo que dentro do interior das torres de transferência, procede-se a operações de limpeza, como pode ser verificado pela Figura 2.7.

Figura 2.7 - Operação de limpeza de carvão numa torre de transferência.

2.5 Rede eléctrica

O Porto de Sines recebe energia eléctrica a partir da rede de distribuição a 30 kV propriedade da EDP Distribuição, estando fortemente dependente da energia eléctrica para desempenhar as suas actividades.

A PortSines compra a energia eléctrica à APS da seguinte forma: preço pelo qual a EDP vende energia à APS acrescido de mais 10 % desse valor.

A energia eléctrica chega aos Postos de Transformação (PT) 14 e 15 em alta tensão, 30 kV, onde é convertida para média tensão, 6 kV (ver apêndice III). A média tensão é distribuída ao longo de todo o terminal via subterrânea, por cabos rígidos em cobre. A energia eléctrica visa abastecer:

- Subestação Eléctrica Sul
- Subestação Eléctrica Norte
- Edifício Administrativo e oficinas e,
- Equipamentos accionados por energia eléctrica - *Shiploader*, *Stacker-Reclaimer* (1 e 2), Descarregador ou Pórticos (1 e 2).

2.6 Equipamentos

2.6.1 Energia eléctrica

Os equipamentos utilizados para a movimentação de carvão no TMS são muito diferentes entre si. No entanto, é fundamental que estejam todos em condições de operar na presença e ausência de navio no cais, por forma a não limitarem os processos desenvolvidos. No Quadro 2.2 encontram-se descritos os equipamentos eléctricos existentes e suas funções e na figura 2.8 a representação desses mesmo equipamentos.

Quadro 2.2 - Identificação dos equipamentos envolvidos na movimentação do carvão.

Equipamento	Quantidade	Função
Pórtico ou Descarregador	2	Suporte para retirar o carvão do navio
Transportador de correia	22	Movimentação do carvão ao longo do terminal
Stacker-Reclaimer	2	Colocar o carvão dos transportadores para o parque de pilhas e realizar o processo de retoma (pilhas → transportadores)
Shiploader	1	Colocar o carvão dentro de um navio (processo de carga)

Figura 2.8 – Equipamentos eléctricos envolvidos na movimentação de carvão.

A iluminação do terminal é feita sobretudo com lâmpadas de vapor de sódio, as quais possuem balastro ferromagnético. Distinguem-se dois tipos de iluminação, como se verifica pelo quadro 2.3.

Quadro 2.3 - Caracterização da iluminação do terminal.

Iluminação	Quantidade	Potência	Tipo de lâmpada	Características	Total
Equipamentos	301	36	Fluorescentes	-	347
	46	250	Vapor de Sódio	-	
Exterior	37	250	Vapor de Sódio	Luminária a 12 m do solo	152
	76	250		Luminária a 8 m do solo	
	39	400		Holofotes	

2.6.2 Combustível

O combustível utilizado no TMS é transportado por um camião-cisterna até um reservatório de gasóleo, com capacidade até 10 000 L, abastecendo directamente outro equipamento, a grua Liebherr. O gasóleo utilizado no TMS é o gasóleo comum. No Quadro 2.4 encontram -se descritos os equipamentos que utilizam esta forma de energia, a sua principal função e

identificação utilizada no terminal. A ilustração dos equipamentos movidos a gasóleo encontra-se na figura 2.9.

Quadro 2.4 - Identificação dos equipamentos existentes no terminal, incluindo as operações que não envolvem carvão.

Tipo de equipamento e marca	Modelo (quantidade)	Função	Matrícula
Grua Sennebogen	M 825 (1)	Transbordo e movimentação madeira	-
Grua Portuária Liebherr	LHM 150 (1)	Descarga e carga de graneis/materiais	-
Locotractor Ferroviário Vollert	Robot Shunt (1)	Suporte para os vagões que transportam carvão	LT-001 e LT-002
Pás carregadoras de pneus	Bobcat: 751(1) Caterpillar: 936 F (2) Caterpillar: 950 F (2) Caterpillar: IT 28 B (1) Caterpillar: 938 G II Furukawa: 365 II (1) Volvo: L 220 F (1)	Operações de rechego das pilhas de carvão	Bobcat PC-001 e PC-002 PC-003 e PC-004 PC-005 PC-007 PC-006 PC-008
Bulldozer Liebherr	PR 732 (1)	Operações de rechego das pilhas de carvão	BU-001 e BU-002

Figura 2.9 - Principais equipamentos movidos a gasóleo.

2.7 Segurança

Embora este trabalho não analise nem foque a política de gestão de pessoal ou a avaliação de desempenho, é de sublinhar que a actividade humana é fundamental quanto ao manuseamento das diversas máquinas e que sem trabalho e empenho dos trabalhadores a PortSines não seria a entidade de peso que é hoje.

- Formação

Existem cerca de 130 pessoas envolvidas nas actividades do TMS. Os trabalhadores responsáveis pelas operações portuárias trabalham em turnos de seis horas, cada turno com 30 homens. A formação dos trabalhadores é dada à chegada de cada novo colaborador, sendo que a sua formação é específica para operações e manutenção dos equipamentos do TMS. Quando é encomendado um novo equipamento, ocorre também formação para os trabalhadores. A restante formação incide sobre a informática, qualidade, ambiente e segurança.

Existe um centro médico dentro do Edifício Administrativo e 110 extintores no total, distribuídos pelos edifícios, torres de transferência, máquinas móveis e todos os restantes equipamentos.

- Equipamentos

Os equipamentos são desligados apenas no intervalo das operações e a periodicidade da verificação das condições de funcionamento é realizada conforme recomendado pelos fabricantes, mas também há inspecções adicionais entre navios. Existe ainda um sistema informático de gestão da manutenção.

2.8 Estatísticas de operação

O carvão é o principal responsável pelo funcionamento do TMS, como é possível verificar pelo Quadro 2.5. A categoria dos cereais diz respeito essencialmente ao arroz e na categoria dos minérios é essencialmente enxofre. O tipo de carga “outros” é composto por cimento, coque de petróleo, estilha, ureia, madeira.

Quadro 2.5 - Análise da movimentação de mercadorias no TMS, segundo o tipo de carga. (APS, Boletim Estatístico, 2004, 2005,2006,2007)

	Quantidade movimentada (t)			
Tipo de carga	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**
Carvão	5 234 538	5 255 584	5 737 549	4 261 069
Cereais	2 400	6 903	0	2 405
Minérios	4 319	12 747	4 291	8 675
Outros	174 663	526 338	438 381	329 919

Como visível pela figura 2.10 verifica-se a redução de importação de carvão de 2006 até 2008. Isto pode ser explicado porque as centrais termoeléctricas têm vindo a substituir o combustível utilizado, carvão, por gás natural.

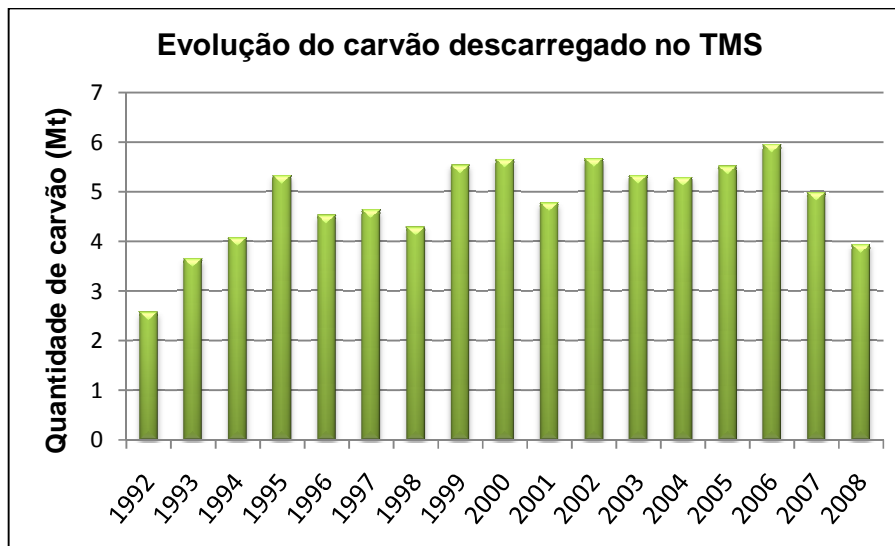



Figura 2.10 - Análise da importação de carvão no TMS, entre 1992 e 2008.

A quantidade de carvão descarregada no TMS tem apresentado um comportamento semelhante ao longo dos anos, sofrendo ligeiras variações. O carvão continuará a ser utilizado no nosso país, mas a tendência é para que a sua utilização seja cada vez menor.

3 Revisão de literatura

3.1 Âmbito da revisão

Neste trabalho não houve possibilidade de realizar benchmarking, devido à falta de resposta por parte dos portos contactados (Porto de Hamburgo, Porto de Roterdão, Porto de Gotenburgo, *Baltic Coal Terminal*, na Letónia e *Richards Bay Coal Terminal*, África do Sul).

Desta forma, optou-se por fazer este capítulo incidir em diferentes vertentes do transporte marítimo, sua importância, tipo de navios existente, combustível marítimo e as emissões resultantes da sua utilização. Explica-se ainda o mecanismo *cold ironing* que apresenta um grande potencial para a redução de emissões dos navios no porto, preservando a saúde dos trabalhadores e população local, mas que também é visto como um negócio lucrativo para o porto e para o fornecedor de energia eléctrica. Referem-se esquemas de incentivos com vista ao melhor desempenho ambiental dos navios, salientando o caso sueco e o *Green Award*.

Ao aliar-se a análise sob o ponto de vista da navegação com a realização da auditoria energética no terminal do porto estabelece-se uma relação entre a eficiência energética do lado do mar e do lado do porto. Só assim se pode falar de eficiência energética no transporte marítimo.

3.2 Eficiência energética

A eficiência energética pode ser entendida e interpretada como a forma de tirar o máximo partido de cada unidade de energia pela qual se paga, seguindo o princípio: utilização de menos energia para produzir a mesma quantidade de serviços com elevada qualidade (AEE, 2009). Quando falamos na eficiência energética pensamos num processo optimizado, resultado duma melhor aplicação de dinheiro, em que com frequência os equipamentos antigos necessitam de ser substituídos por equipamentos novos, mais eficientes.

Segundo a AEE (2009) a eficiência energética abrange todas as alterações que resultam numa redução da energia utilizada para um determinado serviço de energia, como por exemplo o aquecimento e iluminação. Esta redução no consumo de energia não está necessariamente associada a alterações técnicas, uma vez que também pode resultar da melhor organização, gestão e eficácia económica das empresas.

A energia deve ser encarada como um factor de produção tão indispensável como o trabalho, o capital e as matérias-primas. Para a optimização energética há que adquirir suficiente conhecimento não apenas das instalações, equipamentos e dispositivos onde a dita energia é

aplicada, como também do custo energético de cada fase do processo. Estes dois passos (conhecimento do equipamento e custo de energia envolvido) permitirão a reflexão sobre o consumo efectuado, o sugerir medidas para por um lado melhorar o desempenho do equipamento, e por outro, conseguir a redução da factura energética, com o consequente aumento da competitividade.

3.3 Situação energética em Portugal

A situação energética de Portugal é complicada: praticamente não dispomos de recursos naturais próprios, principalmente aqueles que asseguram a generalidade das necessidades energéticas (petróleo, gás e carvão). A nossa dependência face ao exterior é de cerca de 88 %. (Eurostat, 2007a).

A necessidade de Portugal, como qualquer outro país, se tornar energeticamente auto-suficiente tem vindo a tornar-se uma preocupação cada vez mais importante. Considere-se que a dependência do nosso país face ao carvão é actualmente de 100 %. Porém, a acumulação do stock deste combustível fóssil tem vindo a diminuir: em 1995, Portugal possuía cerca de 109 % de carvão em stock, no ano 2000 passou a ter cerca de 103 % para realizar as suas actividades e no ano de 2005, o valor do stock registou o valor de 96,3 % (Eurostat, 2007b). Esta tendência pode justificar-se pelo crescimento das energias renováveis no nosso país.

Segundo a Direcção-Geral de Energia e Geologia (DGEG), a grande hídrica é uma energia renovável, pelo que está incluída nessa categoria na figura 3.1.

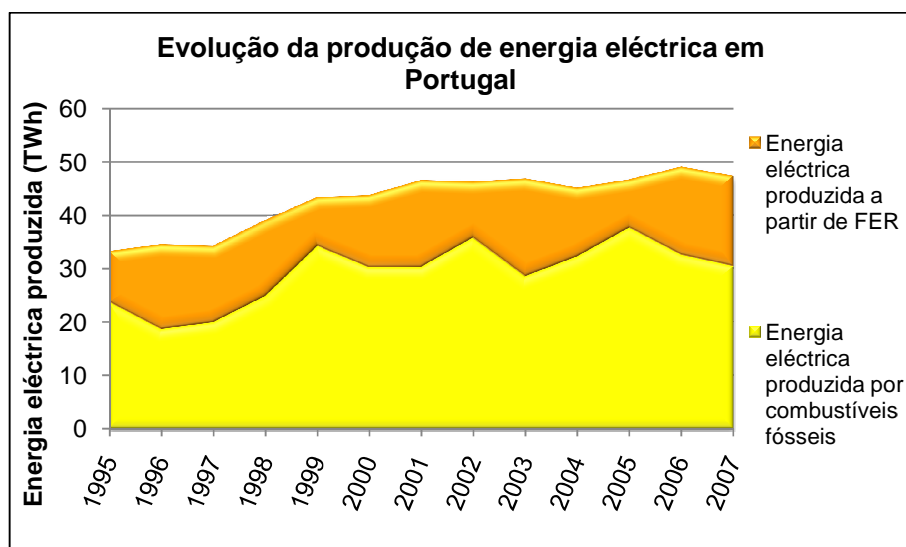



Figura 3.1 - Contribuição das energias renováveis para a produção eléctrica nacional. (DGEG, 2009)

Em 2007 foram produzidos cerca de 17 TWh de energia eléctrica a partir de fontes de energia renovável (FER), sendo mais de metade proveniente de fontes hídricas. No mesmo ano, as FER contribuíram com cerca de 35 % para a produção de energia eléctrica nacional.

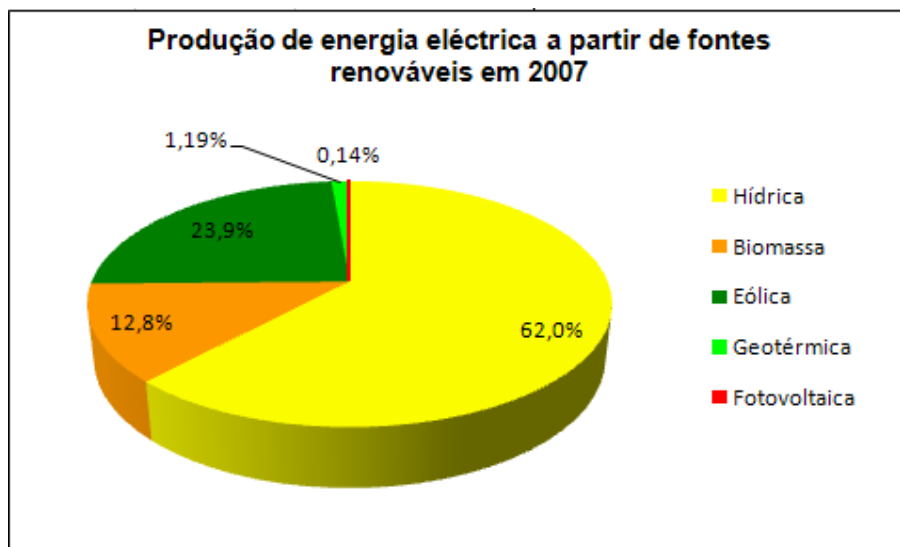



Figura 3.2 - Peso de cada fonte de energia renovável na produção de energia eléctrica em Portugal, no ano de 2007.

(DGEG, 2009)

Actualmente Portugal já não produz carvão: as minas de extracção de carvão foram oficialmente desactivadas a partir de 31 de Dezembro de 1994, pelo que a importação provém principalmente da Colômbia e África do Sul seguindo-se os EUA e a Austrália e por último a Rússia (ver Figura 3.3). (EUR-Lex, Decisão da Comissão Europeia de 29 de Maio de 1996 que autoriza Portugal a conceder um auxílio a favor da indústria do carvão a título dos anos de 1995 e 1996. Este auxílio foi deliberado pela Comissão devido à situação de redução de actividade).

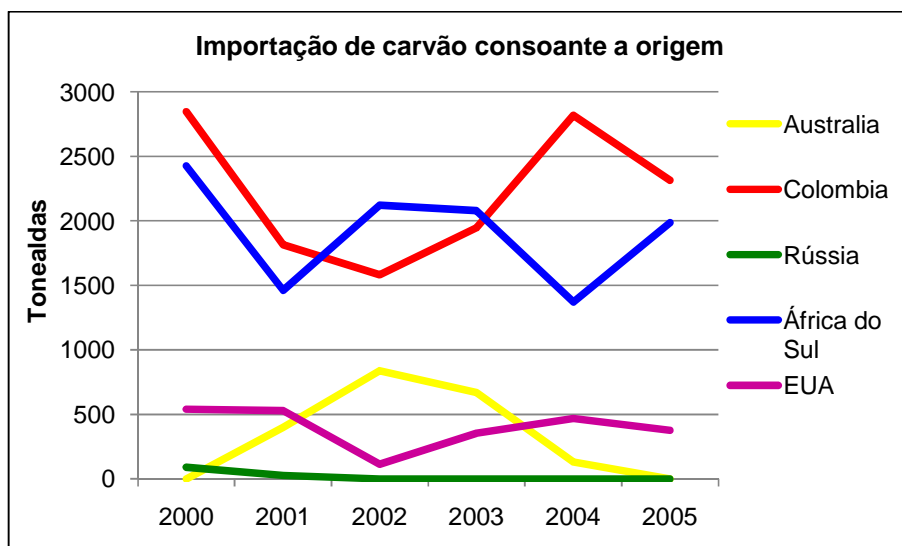



Figura 3.3 - Países de onde Portugal importa carvão.

(Eurostat, Energy - Yearly Statistics, 2007)

Relativamente ao consumo de energia final em Portugal por sector, verifica-se que o consumo energético do sector dos transportes é o mais representativo de dispêndio energético a nível nacional, como observado pela figura 3.4.

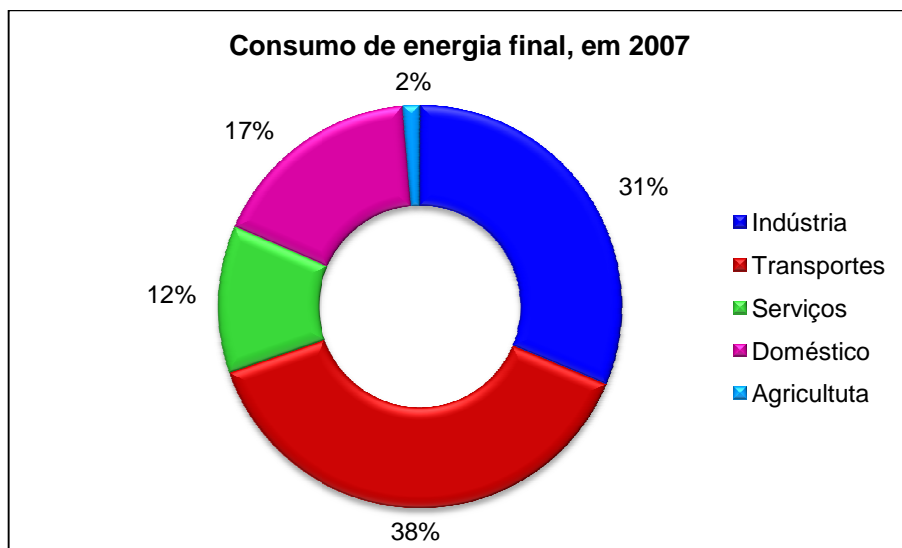



Figura 3.4 - Consumo de energia final por sector em Portugal, em 2007.

(Adaptado de Eurostat, $2009_{c)}$).

O consumo de energia por parte da indústria cresceu até ao final da década de 90, e a partir de então estabilizou. De notar, como representado pela figura 3.4, que o facto de os transportes serem o sector de actividade que actualmente consome mais energia, aliado ao facto de ter mais representatividade em áreas de grande concentração populacional, tem efeitos no ambiente e na qualidade de vida da população. (APA, 2008)

Portugal é pouco eficiente na forma como utiliza a energia, como se pode comprovar pela intensidade energética registada em 2006, ano em que foram precisos cerca de 197 tonelada equivalente de petróleo (tep) para produzir 1 000 euros de PIB, quando a média europeia (EU 27) foi de cerca de 170 tep (Eurostat, 2009_d). A intensidade energética relaciona a energia consumida com o produto interno bruto (PIB) em tep/€. Assim, pode afirmar-se que a intensidade energética de Portugal está bastante acima da média europeia (Figura 3.5).

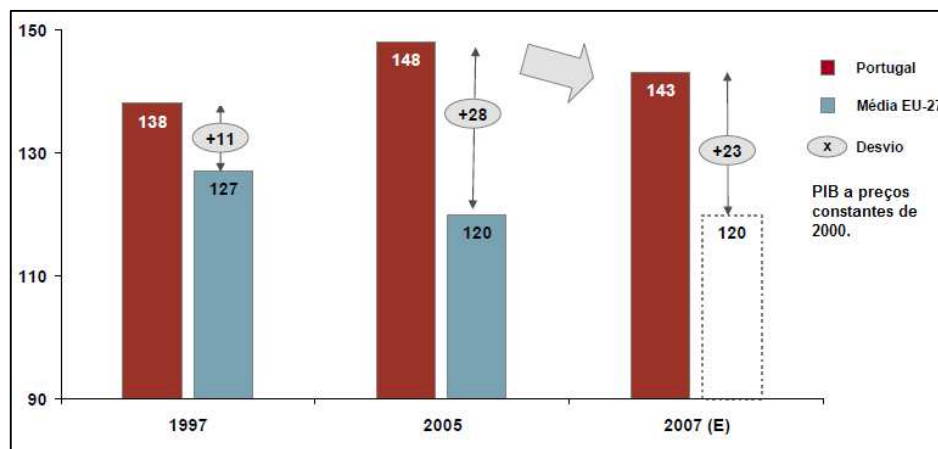



Figura 3.5 - Intensidade energética de Portugal e média europeia, em toneladas equivalentes de petróleo por milhão de euros de PIB.
(Oliveira, 2008).

Considerando os problemas energéticos do nosso país e os impactes provocados pelo aumento da produção e do consumo de bens e serviços que resultam de pressões das diversas actividades económicas, é necessário adoptar medidas que promovam a eficiência energética e ambiental nacional. É necessário alterar os padrões de produção e consumo de energia e consciencializar todos os envolvidos para melhorarem o seu comportamento nesta área.

3.4 Medidas para a promoção da eficiência energética

3.4.1 Auditoria energética

Uma auditoria energética define-se como um "procedimento sistemático através do qual se obtêm conhecimentos adequados sobre o perfil actual de consumo de energia de um edifício ou de um conjunto de edifícios, de uma actividade e/ou instalação industrial ou de serviços públicos ou privados, se identificam e quantificam as oportunidades de economias de energia com boa relação custo-eficácia e se dá a conhecer os resultados". (Directiva 2006/32/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 5 de Abril de 2006)

Muitas empresas solicitam a realização de auditorias energéticas voluntariamente porque os seus gestores estão sensibilizados para questões ambientais e outras porque são obrigadas legalmente, nomeadamente as organizações consumidoras intensivas de energia.

A metodologia de uma auditoria depende do seu âmbito, assim como da dimensão e do tipo das instalações a auditar.

As auditorias energéticas podem ter como meios técnicos de suporte equipamentos que permitem desagregar os consumos por utilização, secção ou equipamento, contabilizando a energia em pormenor. Estes instrumentos têm de ser portáteis e fáceis de manusear. Os parâmetros medidos variam consoante o equipamento a utilizar: grandezas eléctricas (analisador de energia eléctrica), gases de combustão (analisadores de gases de combustão), temperatura (termómetros sem contacto- infravermelhos), feixe de luz (luxímetro), velocidade (anemómetro). (APO, 2008)

Assim, os equipamentos existentes no mercado podem medir diferentes variáveis, porém nem sempre são aplicáveis a todos os casos de auditorias energéticas - cada caso, é um caso.

Na parte prática deste trabalho, a auditoria realizada visa realizar um levantamento energético das condições existentes no terminal multipurpose para um dado período. Posteriormente serão analisadas e aconselhadas medidas que devem ser adoptadas, para que se minimize os custos energéticos sem afectar a produção e qualidade dos processos, ao mesmo tempo que se reduzem os impactes ambientais.

3.4.2 Plano Nacional de Acção para a Eficiência Energética (PNAEE) — “Portugal Eficiência 2015”

O PNAEE procura incentivar a utilização de novas tecnologias, a melhoria de processos organizativos e a mudança de comportamentos e de valores que conduzam a hábitos de consumo mais sustentáveis. Pretende-se assim que Portugal possa alcançar e suplantar os objectivos fixados pela Directiva n.º 2006/32/CE de 5 de Abril, do Parlamento Europeu e do Conselho, sendo que uma das imposições é que “cada Estado-Membro deve elaborar programas e medidas de promoção da eficiência energética” por forma a atingir-se “uma maior eficiência na utilização final de energia, que permitirá explorar potenciais economias de energia, numa perspectiva de custo-eficácia, de uma forma eficiente em termos económicos”.

As medidas definidas pelo PNAEE irão permitir uma redução do consumo equivalente a 10 % até 2015 superando o objectivo estabelecido na Directiva nº 2006/32/CE (9 %). (QREN, 2009)

O PNAEE pretende actuar em diferentes frentes, com um total de 12 programas, como demonstrado pelo quadro 3.1.

Quadro 3.1 - Breve descrição dos programas do PNAEE.
(Adaptado de Resolução do Conselho de Ministros nº 80/2008 de 20 de Maio de 2008)

Áreas	Sector	Programas
Tecnológico	Transportes	1. Renove Carro 2. Mobilidade Urbana 3. Sistema de Eficiência nos Transportes
	Residencial e Serviços	4. Renove Casa e Escritório 5. Sistema de Eficiência nos Edifícios 6. Renováveis na Hora e Programa Solar
	Industrial	7. Sistema de Eficiência na Indústria
	Estado	8. Eficiência Energética no Estado (E3)
Comportamental	-	9. Programa Mais 10. Operação E
Fiscalidade	-	11. Fiscalidade Verde
Financiamento	-	12. Fundo de Eficiência Energética

De um modo global, a produção industrial tem vindo a aumentar em toda a Europa e o principal desafio que se coloca reside em assegurar a protecção do ambiente e a preservação dos recursos, mantendo uma base industrial competitiva. A modernização do sector industrial não pode assentar apenas na aquisição de novos e modernos equipamentos e no investimento em novas unidades produtivas. O desenvolvimento da actividade industrial passa também pelo respeito pelo ambiente, que constitui um factor de competitividade, sobretudo a nível internacional. (APA, 2008)

Considerando o âmbito deste estudo, destaca-se de seguida, o Sistema de Eficiência Energética na Indústria, no qual se insere a entidade a auditar, e cujo principal propósito é promover o aumento da eficiência energética por via da modificação dos processos de fabrico, da introdução de novas tecnologias e da mudança de comportamentos.

O programa designado por Sistema de Eficiência Energética na Indústria engloba o Sistema de Gestão dos Consumos Intensivos de Energia (SGCIE) estabelecido pelo Decreto-Lei n.º 71/2008, de 15 de Abril, vem substituir o Regulamento de Gestão de Consumo de Energia (RGCE), definido pelo D.L. n.º 58/82, de 26 de Fevereiro, com o objectivo de promover a eficiência energética e monitorizar os consumos energéticos de instalações consumidoras intensivas de energia.

Quadro 3.2 – Meta a atingir para os diferentes tipos de instalações.

(Adaptado de AREAM, 2009)

Consumo anual das instalações (tep)	**Meta**
500 ≥ Consumo < 1 000	Redução de 4 % de Intensidade Energética e Consumo Específico de Energia e a manutenção da Intensidade Carbónica
1 000 ≤ Consumo	Redução 6 % de Intensidade Energética e Consumo Específico de Energia e a manutenção da Intensidade Carbónica

Segundo o SGCIE a intensidade energética é definida como o quociente entre o consumo total de energia e o Valor Acrescentado Bruto (VAB) das actividades ligadas a essas instalações industriais.

O consumo específico de energia é determinado pelo quociente entre o consumo total de energia e o volume de produção.

A intensidade carbónica é medida pelo quociente entre o valor das emissões de GEE resultantes da utilização das várias formas de energia no processo produtivo e o respectivo consumo total de energia.

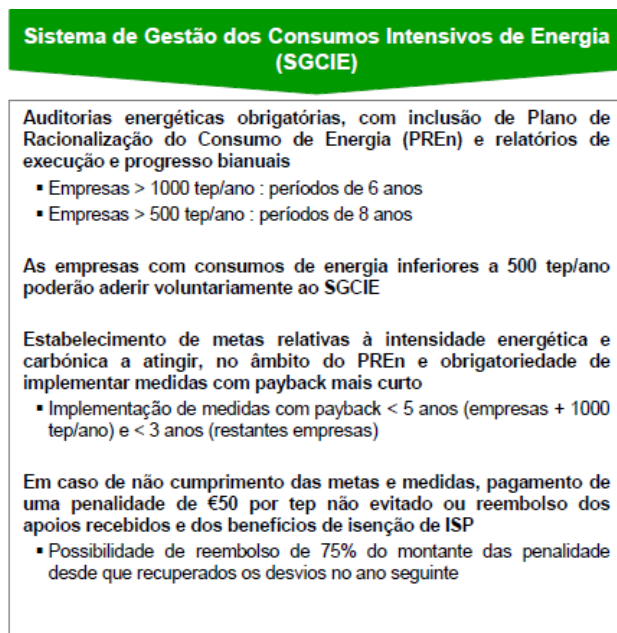



Figura 3.6 - Resumo das principais componentes do SGCIE.

(ADENE, 2008)

A PortSines pertence ao grupo de consumidores intensivos de energia eléctrica, pelo que tem de se registar como tal e cumprir a legislação aplicável, procedendo à realização de auditorias energéticas com intervalos de seis anos.

O SGCIE prevê ainda a elaboração e a respectiva execução de Planos de Racionalização dos Consumos de Energia (PREn), estabelecendo Acordos de Racionalização (ARCE) desses consumos com a DGEG. Estes deverão contemplar objectivos mínimos de eficiência energética, associando ao seu cumprimento na obtenção de incentivos pelos operadores (entidades que exploram as instalações consumidoras intensivas de energia (CIE)).

Segundo a ADENE (2008), o programa 7 do PNAEE inclui ainda a implementação de um programa para o suporte do SGCIE que engloba as seguintes medidas:

1. Transversais à indústria: motores eléctricos, produção de calor e frio, iluminação e outras medidas para a promoção da eficiência energética.
2. Específicas ou sectoriais: alimentação, bebidas e tabaco; cerâmica; cimento; madeira e artigos de madeira; metalurgia e fundição; papel; químicos, plásticos e borracha; vestuário, calçado e curtumes; siderurgia; têxtil e vidro.

Considerando que as medidas específicas ou sectoriais não abrangem o tipo de actividades desenvolvidas no terminal multipurpose, são as medidas transversais que se lhe podem aplicar (ver quadro que se segue).

Quadro 3.3 - Medidas de Eficiência energética aplicáveis à indústria portuguesa.

(Nunes, 2009)

Grupo de medidas	Medidas
Motores Eléctricos	Optimização dos motores eléctricos, melhoria do desempenho dos equipamentos utilizadores finais e da optimização dos sistemas de transmissão mecânicos entre o motor e o equipamento utilizador final.
Produção de Calor e Frio	Cogeração, sistemas de combustão, frio industrial, recuperação de calor.
Iluminação	É necessária a instalação de equipamentos que proporcionem os níveis de iluminação recomendados ao desempenho das actividades reduzindo o consumo de electricidade e os custos de manutenção.
Eficiência do processo industrial	A eficiência do processo pode ser atingida através da redução da energia reactiva, isolamentos térmicos, monitorização e controlo, manutenção dos equipamentos, por exemplo.

A electricidade consumida em sistemas de iluminação corresponde a cerca de 5 % a 7 % do consumo global de electricidade de uma instalação industrial (Nunes, 2009). Assim, é necessário fazer um levantamento das condições existentes por forma a estudar as melhores opções disponíveis no mercado para a eventual substituição de lâmpadas de alto consumo por umas mais eficientes a nível energético, por forma a cumprir a legislação da EU, nomeadamente o Regulamento (CE) N.º 245/2009 da Comissão, de 18 de Março de 2009 que dá execução à Directiva 2005/32/CE do Parlamento Europeu e do Conselho no que respeita

aos requisitos de concepção ecológica das lâmpadas fluorescentes sem balastro integrado, das lâmpadas de descarga de alta intensidade e dos balastros e luminárias que podem funcionar com essas lâmpadas, revogando a Directiva 2000/55/CE do Parlamento Europeu e do Conselho. (EUR-LEX, 2009)

As medidas de optimização de motores dizem respeito aos motores de alto rendimento, que se apresentam como uma solução alternativa dos motores tradicionais (standard), pois apresentam um rendimento e um factor de potência mais elevados. Aos motores de alto rendimento está associada uma redução de perdas de menos 30 % a 50 %, devido à utilização de materiais construtivos de melhor qualidade, estando por isso associados a uma qualidade superior aos motores standard. A utilização de motores de alto rendimento traduz-se em ganhos na eficiência de 1 % a 8 %, dependendo da potência do motor. (BCSD, 2005)

A melhoria da eficiência do processo industrial pode ser alcançada através da implementação de Variadores Electrónicos de Velocidade (VEV), e do dimensionamento correcto das instalações eléctricas. Os VEV são também designados por fontes de frequência variável, conversores de frequência ou *drives*. (Gaspar, 2004)

Segundo Gaspar (2004) a rede eléctrica de uma instalação industrial é também um factor importante para que a energia seja consumida de forma correcta, sem que haja perdas associadas significativas. A rede eléctrica é normalmente constituída pelo conjunto dos quadros eléctricos equipados com equipamentos de medidas, comando e protecção, pela rede de cabos eléctricos e dispositivos auxiliares que permitem estabelecer a interligação da entrada da energia eléctrica com os múltiplos receptores.

As exigências funcionais da instalação industrial, a organização do processo produtivo e a sua própria configuração determinam quantitativamente a natureza dos consumos e a forma como se repartem ao longo dos períodos de laboração.

Ao estabelecer-se uma rede eléctrica, deve-se ter em conta a a extensão dos circuitos que alimentam os diversos equipamentos deve ser a menor possível, reduzindo as perdas em linhas, as quedas de tensão e o investimento em cabos.

Com estas medidas, as perdas por efeito de Joule e o consequente consumo serão menores.

3.5 Transporte marítimo

3.5.1 Importância

O transporte marítimo é ainda hoje de extrema importância para as trocas comerciais entre países e é, em muitos casos, o único modo de transporte que consegue carregar cargas volumosas, em grandes quantidades, até regiões muito distantes.

O desenvolvimento do transporte marítimo está fortemente correlacionado com o crescimento do comércio internacional. Em 1955, cerca de 800 Mt foram transportadas, enquanto no ano de 2007, o tráfego marítimo excedeu 8 Gt. Com efeito, 25 000 Gt-quilómetro (Gtkm) de mercadorias transportadas circulam por via marítima enquanto 7 000 Gtkm são transportadas via férrea e 3 000 Gtkm são transportadas via rodoviária. (Rodrigue, 2009)

O comércio mundial de mercadorias por via marítima detém actualmente mais de 80 % do total de operações de transacção de mercadorias, pelo que o transporte marítimo permanece o maior suporte de apoio ao comércio internacional e à globalização. (United Nations Conference on Trade and Development, 2008)

Como consequência do desenvolvimento tecnológico e económico, a distribuição do tráfego marítimo concentra-se principalmente no hemisfério norte, ao longo das costas dos países envolvidos. Uma representação desta realidade, baseada nos dados da "International Comprehensive Ocean–Atmosphere Data Set" (ICOADS) é apresentada na Figura 3.7.

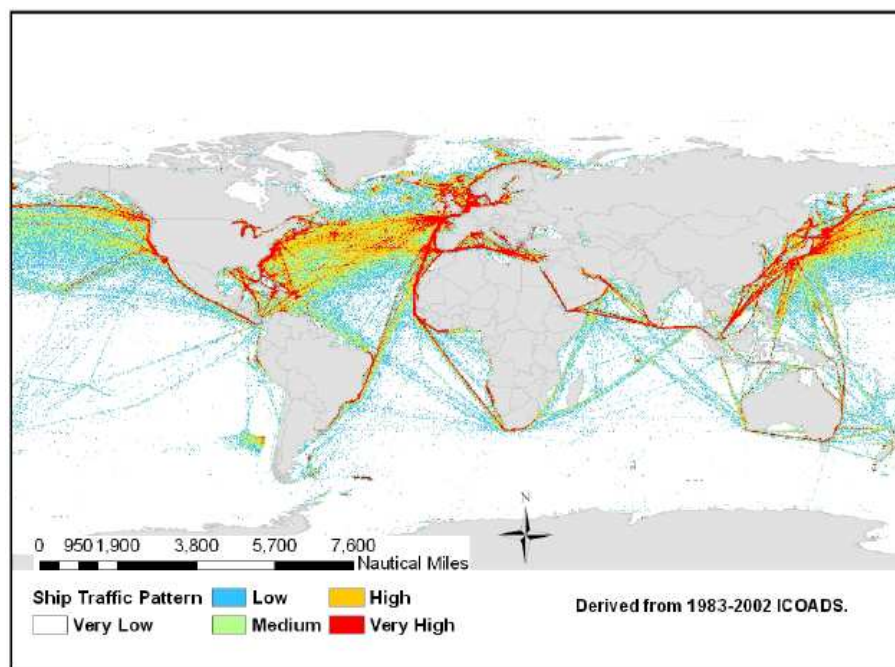



Figura 3.7 - Localização da distribuição do tráfego marítimo, baseado nos dados da ICOADS. (IMO, 2009)

3.5.2 Frota mundial

Em de 2007 a frota mercante mundial aumentou para 1,04 Gt dwt, manifestando um aumento notável de 8,6 %, e ultrapassando o crescimento de 7,2 % do ano anterior. Os carregamentos por encomendas, em toneladas, ocuparam um total de 6 908 navios com uma tonelagem total de 302,7 milhões de dwt. No que diz respeito aos países detentores das frotas, em 2007, os países em vias de desenvolvimento controlavam cerca de 31 % do dwt mundial, os países desenvolvidos cerca de 66 % e as economias de transição os restantes 3 %. (United Nations Conference on Trade and Development, 2007)

A frota mundial é designada conforme o tipo de carga a que um navio se destina a transportar. Assim, existem seis categorias gerais de navios como representado no quadro 3.4.

Quadro 3.4 – Tipos de navios e breve caracterização.
(Adaptado de California Environmental Protection Agency – Air Resources Board)

Tipo de navio	Função e Características
Contentores	Transportam carga contentorizada, como roupa, móveis e equipamentos electrónicos. A sua capacidade é medida em TEU (*twenty-foot equivalent* units, unidades equivalentes a vinte pés, sendo que *one foot* = 0,3048 metros, ou seja, 1 TEU corresponde a 6,1 m). Um contentor típico tem 40 pés (12,2 m) de comprimento ou duas TEUs.
De passageiros (*cruise*)	Transportam passageiros em viagens de lazer. Costumam parar em diversos portos, para que os turistas possam descer do navio e visitar a zona onde aportam. São os grandes gigantes dos mares, pequenas cidades flutuantes, que possuem piscinas, restaurantes, lojas, discotecas, entre vários outros atractivos. Estes navios também podem transportar veículos designando-se então por RoPax Cruise.
Frigorífico *(reefer)*	Transportam produtos deterioráveis, como fruta e carne, que são normalmente paletizados e armazenados em grandes porões.
Petroleiros (*tanker*)	Transportam produtos líquidos e gasosos, como o petróleo bruto, produtos petrolíferos e produtos químicos. Estes produtos são bombeados para dentro e fora dos navios, aquando da sua estadia num porto.
Graneleiros (*bulk* ou *general cargo*)	Transportam carga geral a granel tal como madeira, gesso, aço, carvão. Esta carga é normalmente transportada armazenada em grandes quantidades, não precisando de ser empacotada.
Transportadores de veículos *(vehicle carrier)*	Transportam veículos como automóveis, reboque e carruagens ferroviárias. São também designados por “ro-ro” porque a carga pode entrar e sair do navio sobre rodas.

3.5.3 Combustível marítimo

Apesar de os navios representarem um modo de transporte na movimentação de mercadorias, são também grandes fontes de emissões atmosféricas devido à quantidade e qualidade do combustível utilizado para se deslocarem. Os petroleiros são considerados "perigosos" e estão associados a um grau de risco ambiental superior ao dos outros cargueiros.

De acordo com Draffin (2009) os combustíveis fornecidos aos navios são encomendados de acordo com os requisitos dos equipamentos a bordo do navio, capacidade de armazenagem e tratamento das instalações.

Ao longo dos anos, a tecnologia foi evoluindo pelo que foram surgindo regras mais rigorosas e pormenorizadas sobre a qualidade de combustível.

Os armadores e os compradores de combustível marítimo estipularam categorias para este produto, de acordo com as normas internacionais para a qualidade de combustível, e consoante requisitos específicos conformes com a política da sua empresa ou para satisfazer a necessidade de um navio, segundo o fim a que o mesmo se destina e a velocidade a que geralmente se desloca.

Os combustíveis marítimos podem pois ser divididos em 2 grupos principais: combustível destilado e combustível residual.

- *Combustível residual*: é a sobra resultante do processo de refinaria após terem sido extraídos todos os "bons" produtos como a gasolina, gasóleo, propano, nafta e óleos lubrificantes. É um líquido espesso e denso, difícil de tratar. O combustível residual tem de ser misturado com outros componentes (querosene – fracção destilada da coluna atmosférica; gasóleo em vácuo: uma fracção de gasóleo pesado, da coluna de vácuo, por exemplo) por forma a possuir determinadas especificidades estipuladas pela *American Society for Testing and Material*s (ASTM), ISO 8217 aplicada aos combustíveis marítimos e *International Council on Combustion engines* (CIMAC) requisitos para combustível residual para motores a diesel, que se coadune com as necessidade do navio, tendo ainda de ser tratado a bordo do navio, antes de ser utilizado. É exemplo deste tipo de combustível o *Heavy Fuel Oil* (HFO) e *Intermediate Fuel Oil* (IFO). Este último só é adequado para grandes motores e utilizado pelos motores principais. Consoante a sua viscosidade, 380 centiStokes (cSt) ou 180 cSt, designa-se por IFO 380 ou IFO 180. (Concawe, 1998)
- *Combustível destilado*: este combustível é designado por *Marine Diesel Oil* (MDO). É um dos produtos extraídos no processo de refinaria do petróleo bruto. Requer poucas

necessidades de tratamento antes de ser usado e é apropriado para uma gama mais vasta de motores, sendo usado em pequenos navios e nos motores auxiliares dos navios para a geração de energia eléctrica e hidráulica. Comparado com o combustível residual, o MDO é leve, mais limpo e mais fácil de usar, porém, apresenta como desvantagem o seu preço, que é quase o dobro do residual. (Draffin, 2008)

O consumo de MDO e HFO aumentou ao longo do século XX (como é visível na figura 3.8), altura em que se descobriu o grande potencial destes combustíveis, porque até então, os navios eram movidos a carvão.

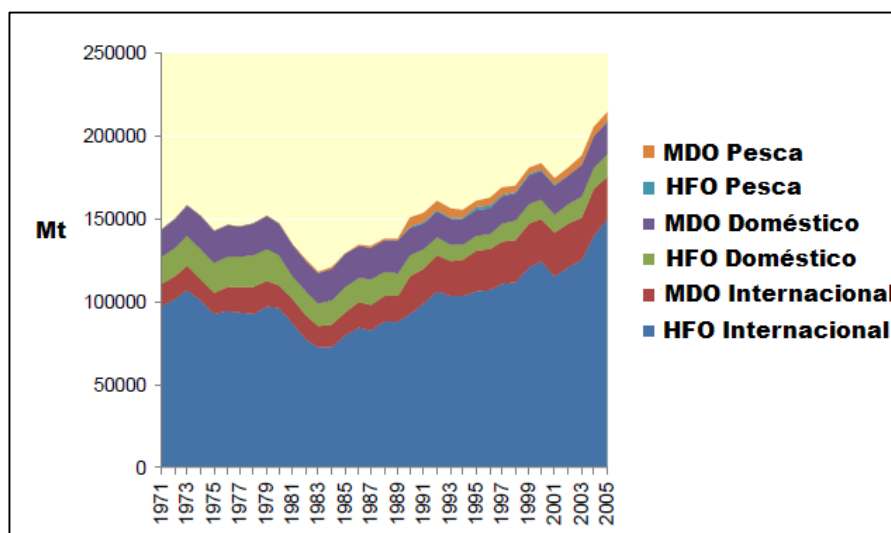



Figura 3.8 - Consumo total de combustível pelos navios.
(IMO, 2009)

O combustível de uso doméstico representado na figura 3.8 inclui os combustíveis fornecidos a embarcações não envolvidas na navegação internacional. O combustível de pesca é o combustível utilizado para o interior, litoral e pesca em alto-mar de todos países.

Para calcular o consumo de combustível do motor principal de um navio a *International Maritime Organization* (IMO) recorre à multiplicação do número de navios existentes em cada categoria pela potência média instalada (kW) de cada motor, por categoria. De seguida é determinada a estimativa do consumo de combustível anual (kWh) através da multiplicação da potência instalada (kW), considerando a estimativa das horas de funcionamento do motor pela média do factor de carga dos navios. Finalmente o consumo de combustível é estimado pela multiplicação da energia resultante com o valor específico de consumo de combustível aplicado aos motores da categoria em questão (g/kWh). Este princípio está representado na figura 3.9 e também é aplicado para calcular o consumo de combustível dos motores auxiliares.

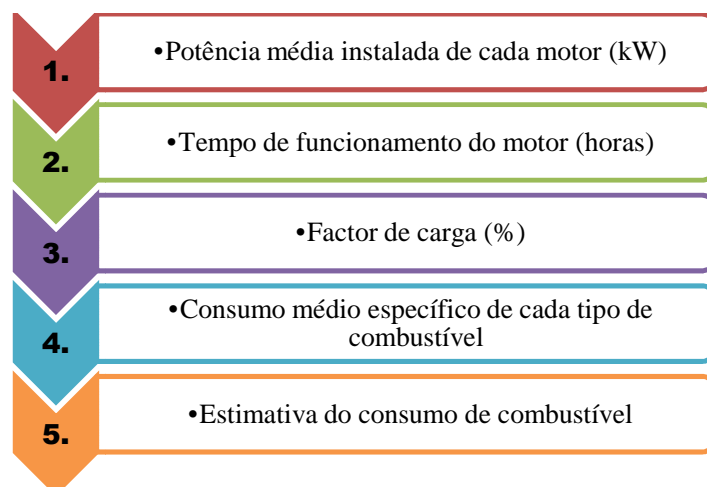



Figura 3.9 – Metodologia aplicada para o cálculo do consumo de combustível.
(Adaptado de IMO, 2009)

Segundo [Com. Pessoal (Mário Silva, da Portline)] "o consumo de combustível HFO em porto será entre os 3 000 L/dia e os 6 000 L/dia, dependendo dos equipamentos a serem operados durante essa estadia".

Apesar da IMO conseguir estimar o consumo de combustível dos navios, as estatísticas do consumo de combustível têm as suas limitações no que diz respeito à cobertura, consistência de informação e precisão nas várias partes do mundo, como demonstrado pela figura que se segue.

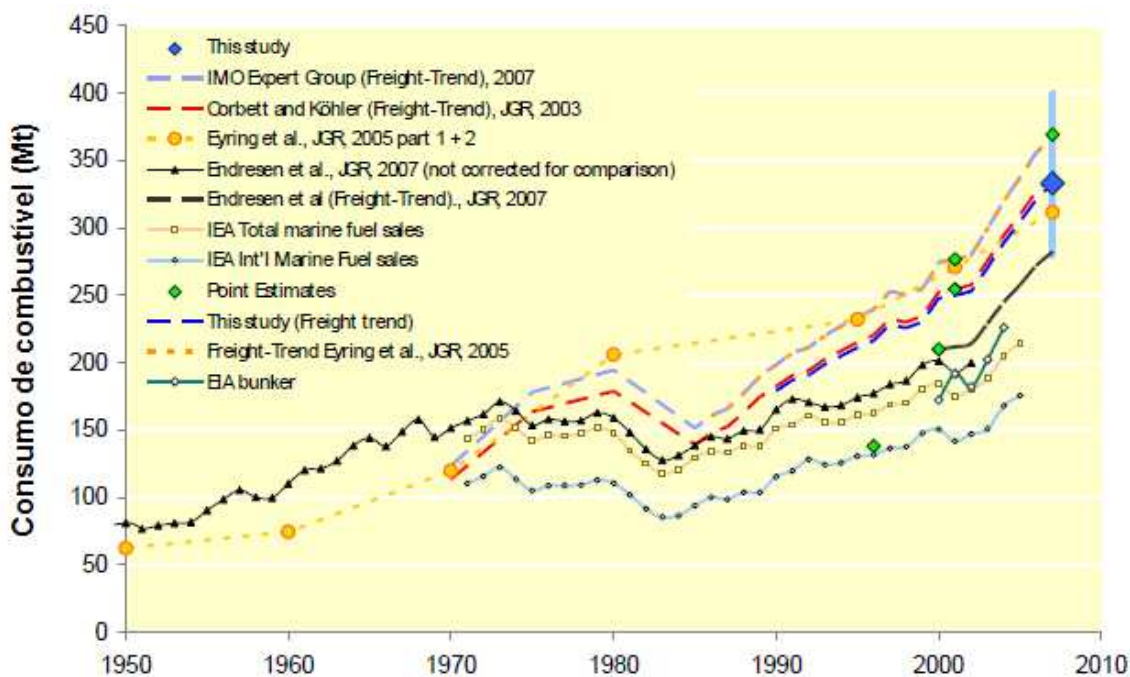



Figura 3.10 - Consumo de combustível mundial a partir de diferentes estatísticas (excepto embarcações militares).
(IMO, 2009).

A estimativa do consumo de combustível implica um grau significativo de incerteza, como evidenciado pelas diferenças em estimativas anteriores. A figura 3.10 ilustra as estimativas de consumo de combustível marítimo já efectuadas e as da IMO. Os símbolos indicam as estimativas iniciais de cada ano e as linhas mostram as estimativas iniciais de tendência. As linhas a tracejado mostram as previsões passadas e futuras. O losango azul mostra a estimativa feita pela IMO. A barra a azul mostra os limites acima e abaixo dos valores estimados pelo IMO.

Considerando as incertezas referidas associadas ao consumo de combustível mundial, a equipa responsável pelo estudo *Prevention of air pollution from ships* da IMO, determinou os limites inferior e superior apresentados no quadro 3.5, os quais são respectivamente cerca de 20 % acima e abaixo dos da estimativa "consensual". Estes limites não representam a gama de todos os cálculos possíveis, mas sim o intervalo que melhor traduz o consumo de combustível marítimo, baseado nos dados disponíveis.

O mesmo estudo diferencia ainda o consumo de combustível necessário para os diferentes tipos de motores e para as caldeiras, tendo ficado também demonstrado que o combustível residual é o mais utilizado no transporte marítimo (quadro 3.5).

Quadro 3.5 - Consumo de combustível (Mt) em 2007, por tipo de combustível e fonte de combustão. (IMO, 2009)

	Consumo total de combustível [1]			**Transporte marítimo internacional [2]**		
	Limite inferior	Consenso	Limite Superior	Limite inferior	Consenso	Limite Superior
Combustível residual	215	257	308	172	213	265
Combustível destilado	64	76	92	51	64	79
Total	279	333	400	233	277	344
Motores de baixa velocidade	181	215	259	144	179	223
Motores de média velocidade	92	110	132	73	91	113
Caldeiras	7	8	9	5	7	8

(1) Esta estimativa é baseada em todos os navios não militares >100GT e inclui o tráfego marítimo de cada país, como a pesca.
(2) Exclui tráfego marítimo nacional, pesca e navios de guerra.

O consumo de combustível marítimo depende da velocidade a que um navio se desloca (ver Quadro 3.6), das condições atmosféricas que o navio enfrenta, do tipo de carga e peso que

transporta, e das ordens/instruções do armador do navio para o circuito/viagem a realizar. Segundo a IMO de toda a frota mundial são os petroleiros e navios de contentores os navios que mais combustível consomem.

Para um graneleiro do tipo Panamax, a redução de 16 nós para 11 nós de velocidade resulta na economia de cerca de 2/3 toneladas por dia de combustível por dia.

Quadro 3.6 - Relação consumo de combustível e velocidade, num graneleiro do tipo Panamax. (Stopford, 1997)

Velocidade (nós)	Consumo combustível do motor principal (t/dia)
16	44
15	36
14	30
13	24
12	19
11	14

Para qualquer velocidade, o consumo de combustível depende do design do casco e da sua suavidade.

3.5.4 Emissões dos navios

Segundo a IMO (2009), as emissões dos navios podem ser categorizadas em:

- Emissões dos gases de exaustão ou de escape: definem-se como as emissões resultantes do funcionamento dos motores principais, motores secundários e das caldeiras.
- Emissões de carga: incluem as fugas da refrigeração dos contentores e camiões, os quais libertam compostos voláteis (CH_4 e NMVOCs) das cargas líquidas.
- Emissões de gases / líquidos refrigerantes: as emissões de refrigerantes são enviados para a atmosfera através de fugas que ocorrem durante as operações e a manutenção dos sistemas de refrigeração e do ar condicionado.
- Outras emissões: nesta categoria incluem-se as emissões provenientes de diversas fontes, incluindo as emissões de ensaio e manutenção dos equipamentos de combate a incêndios.

Emissões na União Europeia

Para se estimar as emissões em águas europeias, é necessário definir as dimensões dos motores dos navios, como representado no quadro 3.7.

Quadro 3.7 - Características operacionais e pressupostos das dimensões dos navios. (NERA, 2005)

	Dimensão		
	Pequeno	**Médio**	**Grande**
Motor Principal (kW)	3 000	10 000	25 000
Motor Auxiliar (kW)	500	1 500	4 000
Proporção do número total de navios mundial (%)	60	30	10

Segundo a *SENES & AIR* (2004) a fórmula utilizada para estimar as emissões associadas à movimentação de navios é a que se segue:

$$Emissões = Potência\ média\ do\ motor\ (g/kWh) \times Tempo\ total\ (horas) \times Factor\ de\ carga\ do\ motor\ (\%) \times Factor\ de\ Emissão\ (g/kWh)$$

Segundo a NERA, as emissões por navio de NO_x e SO_2 para cada tipo de navio, tipo de motor e localização, são as apresentadas no quadro 3.8.

Quadro 3.8 - Estimativa anual das emissões de NO_x e SO_2 por navio (t/ano). (NERA, 2005)

	Dimensão					
	Pequeno		*Médio*		*Grande*	
	NO_x	**SO_2**	**NO_x**	**SO_2**	**NO_x**	**SO_2**
Motor Principal						
No mar	216	158	720	528	1 800	1 320
Acostado	0,3	0,2	1,1	0,8	2,6	1,9
Em manobra	0,2	0,1	0,6	0,4	1,5	1,1
Total motor principal	216	159	722	530	1 805	1 323
Motor Auxiliar						
No mar	15	11	40	29	103	75
Acostado	2,4	1,7	6,2	4,6	16	11,7
Em manobra	0,1	0,1	0,2	0,2	0,6	0,4
Total motor auxiliar	18	13	46	34	119	87
Emissões totais de NO_x	234	-	768	-	1924	-
Emissões totais de SO_2	-	172	-	564	-	1 411

Conforme o quadro 3.8 sugere, na União Europeia a maior parte das emissões dos navios ocorrem no mar. As emissões apresentadas acima resultam de diferentes períodos de tempo e distribuições geográficas relevantes: águas entre 200 e 12 milhas da costa da UE e águas abrangidas pelas Zonas de Controlo de Emissões de SO_x (SO_x Emission Control Areas - SECA), nomeadamente o Mar do Norte, mar Báltico, Canal da Mancha.

Impactes

As emissões do transporte marítimo internacional têm uma forte influencia na deposição ácida na Europa.

"Portugal contribui em larga escala para a deposição ácida, com 12 % de deposição de enxofre e 25 % de deposição de óxidos de azoto (NO_x), atribuídos às emissões do transporte marítimo". Se tivermos em conta que a Holanda, com uma marinha mercante maior, contribui com "*8 % de deposição de enxofre e 1 % da deposição total de NO_x*" – podemos avaliar como a nossa quota-parte nacional é efectivamente considerável. (JONSON, 2000)

As emissões causadas pelos navios têm sido reconhecidas como um problema crescente, visto que têm um impacte directo na saúde humana, contribuem para a acidificação e eutrofização regional.

Os impactes globais das emissões no clima, resultantes de qualquer fonte são complexos. Para o sector marítimo as emissões directas resultantes da movimentação dos navios compreendem os seguintes poluentes: CO_2, NO_x e SO_x. Estes alteram os processos radiativos, como alterações na temperatura, nível de água do mar e precipitação. Isto é traduzido em alterações na produção e consumo de energia, saúde humana, ecossistemas e agricultura.

As emissões de NO_x estão dependentes das condições em que o combustível é queimado, das características específicas de cada tipo de motor, e condições de utilização do mesmo. As emissões deste poluente, também diferem do tipo de combustível utilizado e das condições ambientais.

3.5.5 Eficiência na navegação

Segundo a IMO (2009) o desenvolvimento tecnológico e o aumento do tamanho dos navios têm permitido aumentar a eficiência do transporte marítimo ao longo do tempo. A Lloyds Register – Fairplay desenvolveu um índice baseado no *deadweight*, velocidade e consumo de combustível. Os valores de eficiência são calculados sob o pressuposto que a média de transporte de carga é 50 % do *deadweight* para todos os navios, de todas as idades. O índice é definido como se segue:

$$Índice\ de\ eficiência = \frac{Consumo\ de\ combustível\ (g/h) \times 3{,}09}{0{,}5\ \times dwt\ \times v\ (nós)}$$

A IMO tem vindo a desenvolver outros índices que permitem caracterizar a eficiência na navegação: *Energy Efficiency Design Index* (EEDI) e *Energy Efficiency Operational Index* (EEOI). Ambos os índices são expressos em emissões de CO_2 por capacidade de cada milha

percorrida. (Marorka, 2009). Define-se "capacidade" como a quantidade real de carga que o navio é projectado para transportar.

Por forma a aumentar a eficiência na navegação outras medidas têm sido desenvolvidas:

- Utilização de combustíveis alternativos, como por exemplo o "Dual Fuel". Dual-Fuel é o nome que se dá aos motores que funcionam a gás natural e diesel em simultâneo. A maioria do combustível queimado é o gás natural e o diesel é utilizado para inflamar a mistura. Isto permite a retenção do rácio de compressão do diesel e a sua eficiência enquanto queima gás natural barato e limpo. A utilização do *dual-fuel* em vez do sistema convencional de condução de turbina a vapor resulta em: melhoria da eficiência térmica no sistema propulsor, potência instalada inferior e assim o sistema de propulsão eléctrica é mais fácil de operar e mais rápido para o arranque e para o desligar dos motores dos navios. A desvantagem deste mecanismo é que é necessário um depósito extra para outro combustível. (EMSA, 2007).
- Manutenção do casco: a manutenção do casco é determinada pelo aspecto do revestimento do casco, por períodos intercalares entre limpezas, e também pelo tipo de carga que o navio transporta. Quanto mais suave for o casco, melhor eficiência energética pode ser alcançada. (MEPC, 2009)
- Sistema de propulsão: A manutenção deve ser feita de acordo com as instruções dos fabricantes e no calendário estipulado. Alguns meios adicionais para aumentar a eficiência do sistema de propulsão são: utilização de aditivos no combustível, análise do binário ou torque. (BOND, 2008)
- Melhoria na gestão de frotas: a melhor utilização da capacidade da frota pode frequentemente ser atingida através da melhoria do planeamento da frota. Um aumento da utilização de (toda) a frota resultará na redução do consumo de combustível da frota, e portanto na redução de emissões. Por exemplo, pode haver a possibilidade de evitar longas viagens de "lastro" para novas cargas, através da melhoria do planeamento da frota. (BOND, 2008)
- Uma alternativa para reduzir o teor de enxofre no combustível, e consequentemente as emissões resultantes, é reduzir a quantidade de SO_x nos gases de escape aplicando a *scrubber technique* (lavagem de gases). Esta técnica funciona através da mistura dos gases de exaustão com a água do mar. Neste processo, os gases de escape de SO_x são transferidos para a água do mar, sendo posteriormente recirculados, ocorrendo a retenção e remoção de partículas sólidas para um tanque de lamas, onde estas são depois recolhidas para eliminação. A eliminação envolve ou a queima das lamas no incinerador

do navio ou eliminá-las em terra. A água do mar usada e filtrada pode então passar para o sistema de tratamento de água com óleos, existente no navio. Este mecanismo encontra-se ainda em fase de protótipos, embora o primeiro *scrubber* tenha sido instalado em 1991. (EMSA, 2007) e (Heim, 2008)

- *Selective Catalytic Reduction* (SCR – redução selectiva catalítica): este mecanismo é utilizado principalmente para reduzir as emissões de NO_x. O princípio deste mecanismo é a injecção de amoníaco ou ureia no fluxo de gases de escape, que passam para um catalizador de redução que converte o NO_x em azoto (na forma de gás) e água. O catalizador só é activado quando a temperatura dos gases de escape é igual ou superior a 270 ºC. Esta tecnologia requer espaço e adiciona peso ao navio, devido à necessidade de existirem tanques de armazenamento de produtos químicos e catalizadores, pelo que é adequado para os navios recém-construídos. Outras considerações incluem a utilização de combustível com baixo teor de enxofre para prevenir que os catalizadores contaminem os constituintes dos gases de escape. (AAPA, 2007)

3.6 Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios (MARPOL) – Anexo VI

Esta convenção foi adoptada a 2 de Novembro de 1973, tendo sido desenvolvida pela Organização Internacional Marítima (IMO), com o intuito de prevenir a poluição marinha resultante de causas operacionais ou acidentais relacionadas com navios. Esta iniciativa foi desenvolvida devido aos graves acidentes com navios que tiveram lugar no século XX, como exemplo o do *Torrey Canyon* a 18 de Março de 1967. Em 1978 teve lugar a assinatura do Protocolo de MARPOL, e visto que a Convenção de 1973 ainda não estava em vigor, combinaram-se estes dois Tratados num só que recebeu o nome de MARPOL 73/78. Esta Convenção tem vindo a sofrer actualizações ao longo dos anos para se coadunar com a realidade da situação, tendo sido a última actualização em Outubro de 2008. (IMO, 2009)

O Anexo VI foi criado em 1997, tendo entrado em vigor a 19 de Maio de 2005, 12 meses após a sua ratificação. Este documento é extremamente importante, pois é a “primeira lei” que visa a “Prevenção da Poluição do Ar por navios”, estabelecendo limites para os NO_x, para os óxidos de enxofre (SO_x), compostos orgânicos voláteis (COVs), e para outros poluentes resultantes da queima de combustível. São também proibidas as emissões deliberadas de substâncias empobrecedoras da camada de ozono (entre as quais, clorofluorcarbonetos - CFCs; Tetracloreto de cabono - CCl_4).

Segundo a MEPC (2008) foram ainda criadas as "SECA". Actualmente, existem duas áreas de SECA na Europa:

- Mar Báltico, desde 19 de Maio de 2006;
- Mar do Norte, desde 22 de Novembro de 2007.

O Anexo VI não possui nenhuma restrição para o dióxido de carbono (CO_2).

"As emissões de navios envolvidos no comércio internacional nos mares que rodeiam a Europa - Mar Báltico, Mar do Norte, a parte nordeste do Atlântico, o Mediterrâneo e o Mar Negro – foram calculadas em 2000, resultando por ano, em 2,3 Mt de dióxido de enxofre, 3,3 Mt de óxidos de azoto e 250 mil toneladas de partículas finas. (SEAS AT RISK, 2009)

As principais características apresentadas no Anexo VI são as descritas nos pontos 3.6.1 e 3.6.2.

3.6.1 Óxido de Azoto (NO_x) - Regulamento 13

Segundo a Resolução da MEPC 176 (58) o tecto de emissões para este poluente refere-se aos motores movidos a diesel, existentes nos navios. O controlo de NO_x aplica-se aos motores dos navios que tenham uma potência instalada superior a 130 kW e que tenham sido instalados, construídos ou modificados, à data de ou depois de 1 de Janeiro de 2000.

Consoante a data de instalação de um motor num navio construído e/ou modificação de um motor, existem diferentes limites (ver quadro 3.9).

Quadro 3.9 – Limites de emissão estipulados para o NO_x.

(Adaptado de Abacus Marine Consultants)

	Limite de emissão NO_x em g/kWh		
	Nível I	**Nível II**	**Nível III**
Velocidade nominal do motor (n) em rpm	Em ou depois de 1 Janeiro de 2000 até 1 Janeiro de 2011	Em ou depois de 1 Janeiro de 2011	Em ou depois de 1 Janeiro de 2016
Inferior a 130	17,0	14,4	3,4
130 – 1999	$45,0 \times n^{(-0,2)}$	$44 \times n^{(-0,23)}$	$9,0 \times n^{(-0,2)}$
2000 ou superior	9,8	7,7	2,0

A redução anual de emissões de NO_x tem vindo a aumentar ao longo dos anos, como é possível verificar pela Figura 3.11, devido a um maior número de motores estarem sujeitos às normas do Nível I. Estima-se que a introdução deste regulamento tenha resultado numa redução de cerca de 6 % das emissões de NO_x provenientes dos navios, no ano de 2007.

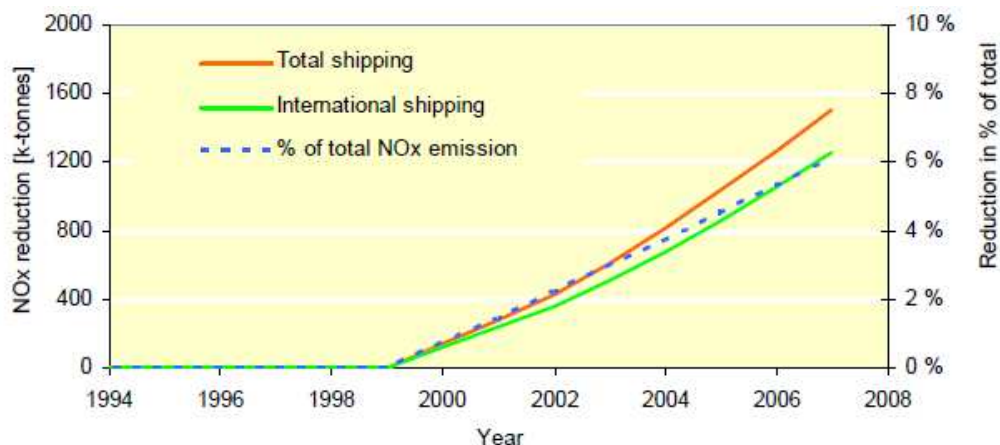



Figura 3.11 - Reduções de NO_x, alcançadas pelo regulamento 13.

(IMO, 2009)

3.6.2 Óxido de Enxofre (SO_x) - Regulamento 14

Este regulamento consiste na proibição de ultrapassar os valores limite estipulados relativamente ao teor de enxofre contido em qualquer tipo de combustível utilizado nos navios.

Até 2012, o teor de enxofre no combustível não pode exceder 4,5 %. Para as SECA, a partir de 1 Julho de 2010, os navios registados a circular em águas territoriais de Estados membros que são signatários do Anexo VI têm de utilizar combustível em que o teor de enxofre não seja superior a 1,5 %. Este tecto será reduzido para 0,10 % a partir de 1 de Janeiro de 2015. (MEPC, 2008)

Visto que o ano de 2008 foi o primeiro ano comum às duas SECA existente na Europa, a IMO estabeleceu as estimativas representadas no quadro 3.10.

Quadro 3.10 - Estimativa do consumo de combustível e do teor médio de enxofre existente no combustível, em 2008.

(IMO, 2009)

	Consumo de combustível (Mt)			Teor médio de enxofre (%)	
	HFO	**MDO**	**Total**	**HFO**	**MDO**
SECA	21	6	27	1,5	0,5
Não-SECA	241	71	312	2,7	0,5
Total	262	77	339	-	-

3.7 *Cold Ironing* ou *Alternative Maritime Power*

3.7.1 Definição do conceito

Em Portugal, tal como na grande maioria dos portos europeus, quando os navios estão aportados, o motor principal é desligado, sendo que todas as actividades são suportadas pelo motor auxiliar – processo designado por *hotelling*. Assim, o consumo de energia para as actividades básicas da tripulação permanece garantindo: iluminação, aquecimento de combustível e água, sistema de climatização, comunicações e outros equipamentos necessários para garantir a segurança do navio. Por conseguinte, também o consumo de combustível continua a realizar-se a bordo, provocando além do dispêndio, ruído e emissões. Por outro lado, em alguns navios ainda é necessária energia adicional para outros equipamentos existentes a bordo, como bombas e gruas que são accionadas após acostagem para se proceder ao transporte de carga de e para o navio. (AAPA, 2007)

Desta forma, surgiu o *cold ironing*, também conhecido como *shore-side power* ou ainda *alternative maritime power*, isto é, tal como se pode inferir das duas últimas designações, um mecanismo de fornecimento de energia eléctrica, proveniente de terra, a um navio. Este conceito surgiu para navios em "doca seca", em que todas as fontes de combustão a bordo são desligadas, pelo que se diz que o barco "fica frio", daí o termo *cold ironing*. (AAPA, 2007) Este mecanismo apresenta-se como uma ferramenta muito importante para melhorar a qualidade do ar nos portos, visto que ao empregar este sistema podem ser desligados os motores auxiliares dos navios, não consumindo o combustível marítimo, e portanto, não emitindo poluentes. (Rogalska, 2008)

"Estima-se que a vibração e o ruído dos motores auxiliares seja de 90-120 dB, pelo que através da implementação do sistema de *cold ironing* tal será eliminado definitivamente". (Tradução livre da Recomendação da Comissão Europeia de 8 de Maio de 2006, 2006/339/EC)

Durante muitas décadas, esta tecnologia era usada somente pelos navios da marinha em bases navais, quando os navios permaneciam atracados num mesmo local por longos períodos.

Se os navios mercantes e de passageiros puderem começar a utilizar este mecanismo, verificar-se-á consequentemente um consumo adicional de electricidade a partir de terra, pelo que a energia a ser fornecida deverá ser sobretudo renovável, tornando este sistema ainda mais viável do ponto de vista ambiental. (JIVÉN, 2004)

A maioria dos autores que defendem a implementação do *cold ironing*, assim como os portos que já possuem este sistema, têm como prioridade melhorar a qualidade do ar na envolvente do porto. Além disto, é também necessário ter-se como critério a garantia de que a utilização do *cold ironing* com ligação à rede eléctrica nacional tenha menores impactes associados à electroprodução, do que a queima de combustível. Assim, para a implementação do *cold ironing* nos portos nacionais, é necessário que o *mix* de electricidade seja maioritariamente constituído pelas FER. A implementação de energia renovável para este fim é uma hipótese que deve ser analisada.

3.7.2 Casos internacionais

Actualmente, não existe nenhum padrão definido para a implementação deste mecanismo. No entanto, já existem alguns portos na Europa e nos EUA que o instalaram: porto de Long Beach e Los Angeles (EUA), Antuérpia (Bélgica), Estocolmo, Helsingborg e Pitea (Suécia). A seguir indicam-se os mais conhecidos utilizadores mundiais deste sistema.

- Lübeck, Alemanha, desde 2008

O ano passado a Alemanha deu o primeiro passo para reduzir as emissões em porto resultantes da estadia de navios no cais. A rede eléctrica do porto é de 10 kV. Um transformador com 2,5 MVA foi instalado numa subestação específica, por forma a separar a rede eléctrica do terminal portuário da rede eléctrica do navio, e permitindo o uso para um sistema com corrente de 6 kV. Outro componente do sistema de abastecimento a partir de terra é uma espécie de cabine, com saída de 6 kV / 50 Hz, permitindo que se obtenha electricidade do cais, através dum cabo proveniente do navio. Após a ligação dos cabos, um sistema automático é activado, iniciando a transferência de energia, desligando-se os motores. (ERICSSON, 2008)

Figura 3.12 – A) Subestação, localizada no cais. B) Cabine com saída que permite que se obtenha electricidade do cais para o navio. C) O cabo fornecido pelo navio é ligado directamente à cabine. (ERICSSON, 2008)

- Porto de Gotenburgo, Suécia, desde 1989

Este porto implementou esta tecnologia no terminal dos ferries que transportam veículos e carga ro-ro, da companhia Stena Lines, que partem para Kiel, Alemanha, com um sistema de baixa tensão, 400 V.

Figura 3.13 - Do lado esquerdo, a primeira ligação de *cold ironing* no porto de Gotenburgo, terminal com destino a Kiel. O depósito castanho inclui o transformador e os cabos. Do lado direito, a ligação dos cabos de 400 V ao *Stena Scandinavica*.
(ERICSSON, 2008)

Em Janeiro de 2000 o mesmo porto implementou o *cold ironing*, mas desta vez com cabos de alta tensão. A energia é transferida por uma subestação eléctrica localizada 10 kV / 6,6 kV com 1 250 kVA. Entre o navio e a subestação existe um compartimento/contentor equipado com o equipamento necessário para realizar a ligação de cabos entre o cais e o navio.

Figura 3.14 - Do lado esquerdo a subestação e a azul o contentor. No meio o interior do contentor. O cabo principal é conectado à saída de energia e o cabo de manobra é ligado ao painel onde o operário consegue visualizar o mecanismo por completo. Manobra realizada em terra para estabelecer a ligação.
(DUTT, 2006)

O cabo de ligação ao navio é fornecido pelo mesmo e a ligação é feita manualmente, sem recorrer a gruas ou outras soluções. O cabo desce até ao cais e é ligado ao contentor, onde está

um painel de controlo. Um operário do lado de fora pressiona um botão o qual permite que o navio fique sincronizado, estando apto para desligar o motor.

Parte da energia utilizada para esta ligação teve como origem energia eólica.

De acordo com informações divulgadas pelo porto de Gotenburgo a utilização do *cold ironing* reduziu as emissões anuais em 80 toneladas de NO_x, 60 toneladas de SO_2 e duas toneladas de partículas (PM). (AAPA, 2007).

"No porto de Gotenburgo, Suécia, são os operários do terminal que realizam a ligação e desconexão da electricidade proveniente de terra, em apenas 10 minutos".
(KHERSONSKY, 2007)

- Juneau, Alaska, desde 2001

Segundo a *California Environmental Protection Agency – Air Resources Board* (2006) este porto em cooperação com a *Princess Cruise Lines* instalaram o primeiro *cold ironing* de alta voltagem para cruzeiros. Foi colocado um transformador para baixar a voltagem da corrente da rede local para 6,6 kV ou 11 kV para acolher diferentes classes de cruzeiros; o cabo de suporte do lado das docas permite a ligação mesmo com flutuações de maré que atinjam os 20 pés. Os cabos assentam num suporte que os mantém fixos, em suspenso, mas passíveis de serem esticados, graças a uma espécie de grua ou manga de aço localizada nas docas como representado na figura que se segue.

Figura 3.15 - Da esquerda para a direita: sistema de suporte em bolsa de aço suspensa. Ligação de 4 cabos ao navio-cruzeiro. Ligação dos cabos ao quadro eléctrico do navio.
(California Environmental Protection Agency – Air Resources Board, 2006)

- Pittsburg, na Califórnia, EUA, desde 1991

Quatro graneleiros, já equipados com a tecnologia de redução de emissões SCR, foram ligados à energia proveniente de terra através de dois cabos de 480 V. À beira do cais existe uma "caixa de electricidade" que é colocada para dentro do navio e aparafusado a um painel eléctrico no exterior de uma sala do navio. A figura 3.18 exemplifica o mecanismo implementado neste porto.

Figura 3.16 - Do lado esquerdo, a ligação dos cabos ao terminal e do lado direito os cabos aparafusados ao painel para a ligação eléctrica com terra.
(California Environmental Protection Agency – Air Resources Board, 2006)

A primeira tentativa a nível mundial para implementar este sistema de *cold ironing* em petroleiros realizou-se em Junho deste ano, no Porto de Long Beach, Califórnia (EUA) com o apoio da BP num petroleiro, o *Alaskan Navigator.* O principal desafio do *cold ironing* para este navio foi o de construir um sistema que garantisse que era seguro utilizar este mecanismo, num navio com um tipo de carga explosiva. (Com. Pessoal [Joaquim Afonso])

Prevê-se que a longo prazo, sejam realizados novos estudos e tentativas para alargar este mecanismo a todos os tipos de navios. Aquando duma breve visita de estudo individual ao porto de Kiel, na Alemanha durante dois dias em Abril deste ano, foi possível verificar que, actualmente, este porto, apesar de ser dos mais importantes da Alemanha, ainda não dispõe deste sistema. Embora dali partam e passem navios de grande porte para portos que já dispõem deste sistema, por agora ainda não está previsto este sistema. No entanto, através de conversação com o porto de Kiel, é muito provável que em breve também este porto se renda a esta inovadora possibilidade, dada a quantidade de ferries e navios-cruzeiro de grande porte que ali acostam.

Para assegurar que este sistema é compatível com os diversos tipos de energia existente em todos os portos mundiais, têm sido desenvolvidos parâmetros, por forma a atingir-se o conceito "any ship, any port". Para se implementar este mecanismo, é necessário haver modificações no navio e no porto. (PETERSON, 2007)

Associados a cada tipo de navio, estão diferentes requisitos. Como é visível pelo Quadro 3.11, os navios que mais energia requerem são, como se pode facilmente deduzir, os navios de passageiros.

Quadro 3.11 - Necessidades de energia para os diferentes tipos de navios.
(AAPA, 2007)

Comparação das necessidades de energia para os vários tipos de navios no cais	Requisitos de potência para os diferentes tipos de navios no cais
Contentores	1 - 4 MW
Passageiros	7 MW
Reefers	2 MW
Ro-Ro	700 kW
Petroleiros	5 - 6 MW
Graneleiros/Carga Geral	300 kW - 1 MW

3.7.3 Configuração do *cold ironing*

De acordo com a Recomendação da Comissão Europeia de 8 de Maio de 2006, os elementos necessários para o sistema de *cold ironing* incluem:

1. Ligação à rede nacional de electricidade transportando 20-100 kV de electricidade de uma subestação, onde é transformada para 6-20 kV.
2. Cabos que transportem corrente de 6-20 kV para o terminal.
3. Em certos casos, poderá ser necessário um conversor de energia. A electricidade geralmente fornecida na Europa apresenta uma frequência de 50Hz. Porém, os navios utilizam esta frequência, mas também a de 60 Hz. Para iluminação e aquecimento, a frequência de 50 Hz é suficiente contudo, para outros equipamentos funcionarem, como bombas, guindastes e gruas, é insuficiente. Desta forma, um navio que utilize 60Hz de electricidade necessitará de um conversor de electricidade para transformar 50Hz em 60Hz.
4. Cabos que distribuam a electricidade pelo terminal. Para este efeito podem ser utilizadas as condutas já existentes ou caso seja necessário, novas condutas devem ser construídas.
5. Sistema de bobine de cabos para evitar a entrega de cabos de alta voltagem.
6. Uma tomada adequada a bordo para ligar o cabo que fornece a energia a partir do porto.
7. Um transformador a bordo do navio para transformar a alta voltagem para 400 V.
8. A electricidade é distribuída ao navio e os motores auxiliares são desligados.

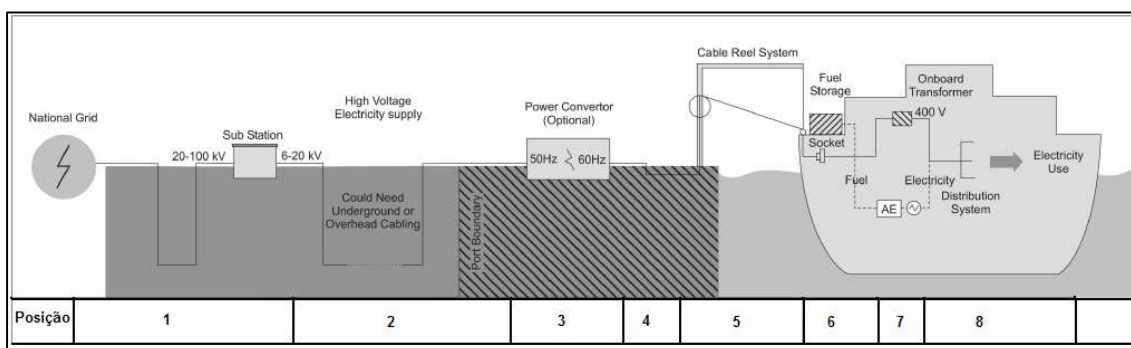



Figura 3.17 - Esquema típico do sistema *alternative maritime power*.

(Recomendação da Comissão Europeia, 2006).

Quando um terminal está próximo de uma zona industrial e/ou residencial, é provável que a energia em alta voltagem (6-20 kV) esteja disponível. Por outro lado, as ligações em alta tensão são preferidas às ligações em baixa tensão, isto porque, um cabo em alta tensão consegue transferir, por exemplo, 25 vezes mais energia eléctrica que um cabo normal de 400 V, da mesma dimensão. As ligações em alta tensão são mais baratas que as de baixa tensão, tal como os respectivos custos de manutenção. (ENTEC, 2005)

Assim, os parâmetros que maior impacte têm na instalação do *cold ironing* são a frequência a bordo e o custo de instalação de todas as fases de implementação. (JIVÉN, 2004)

Para estimar a necessidade de um conversor de frequência, foram analisados 300 navios relativamente à sua frequência a bordo. Verificou-se que pouco mais de 50 % dos navios utilizam 60 Hz de frequência a bordo. (JIVÉN, 2004)

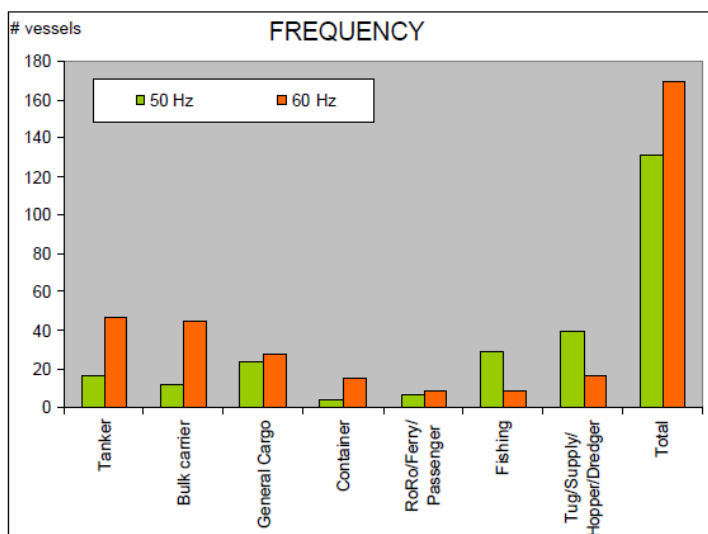



Figura 3.18 - Frequência utilizada a bordo de diferentes tipos de navio.

(JIVÉN, 2004)

3.7.4 Desafios do *cold ironing*

A viabilidade e a capacidade de fornecer energia eléctrica aos navios a partir de terra dependem das infra-estruturas existentes no terminal. (PETERSON, 2007)

- <u>Porto</u>:

Do lado de terra é requerido um sistema especial e adequado de fornecimento de energia para conectar o sistema de cablagem de fornecimento de energia com os receptáculos de energia e as tomadas de energia. A energia pode ser fornecida a 6,6 kV ou 440 V, dependendo do tipo de alimentação dos equipamentos a bordo do navio. Os receptáculos de energia e as tomadas de potência até 15 kV, assim como os restantes equipamentos necessários para implementar o *cold ironing* estão agora disponíveis através de várias empresas produtoras de renome, como demonstrado pela Figura 3.19 Siemens ("SIHARBOR"), Cavotec, ABB. (DEV, 2005).

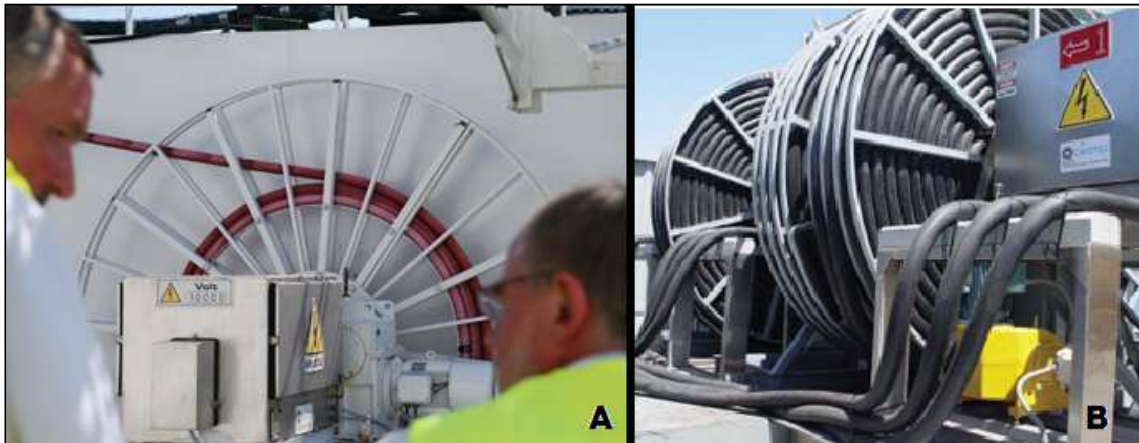



Figura 3.19 – Representação de cabos desenvolvidos pela Siemens (A) e pela CAVOTEC (B). (SIEMENS "Land Power Supply Siharbor" e CAVOTEC Product catalogue – Alternative maritime power supply)

Ao utilizarem o sistema *cold ironing*, a partir de 2010, os navios acostados em portos da EU terão de queimar no máximo 0,1 % de enxofre destilado. (C40 Cities – Climate Leadership group)

3.7.5 Posição de acostagem dos navios

Segundo a ENTEC (2005) consoante a posição de acostagem e a existência ou não de gruas e outro tipo de equipamentos a bordo, o mecanismo *cold ironing* é específico para os diferentes tipos de navio existentes. Assim, existem 2 conjuntos de categorias:

1. Navios atracados sempre na mesma posição (sem guindastes)
2. Navios que utilizam várias posições (com guindastes)

Para a primeira categoria, estes podem descarregar a carga do lado da proa ou da popa (Figura 3.20). Os petroleiros e navios ro-ro atracam normalmente na mesma posição, podendo descarregar a carga sem recorrer a guindastes. Assim, a ligação eléctrica deve ficar localizada no centro da popa. Para os navios ro-ro, a descarga é feita sempre do lado da popa pelo que a ligação eléctrica estaria localizada na proa da embarcação.

Para os navios da segunda categoria, muitas vezes as gruas acompanham o comprimento inteiro do cais para efectuar a operação de descarga. Isto implica uma restrição muito importante, visto que não será possível instalar uma ligação de *cold ironing* fixa pois esta não poderá estar ao alcance da grua. (ENTEC). Perante isto, o Porto de *Long Beach* (EUA) desenvolveu o conceito de *work barge*, em que uma barcaça será ancorada junto à popa do navio, por forma a realizar a ligação dos cabos de electricidade a partir da costa. A embarcação iria conter uma lança hidráulica, um sistema de bobine de cabos e um transformador, como ilustrado na Figura 3.21.

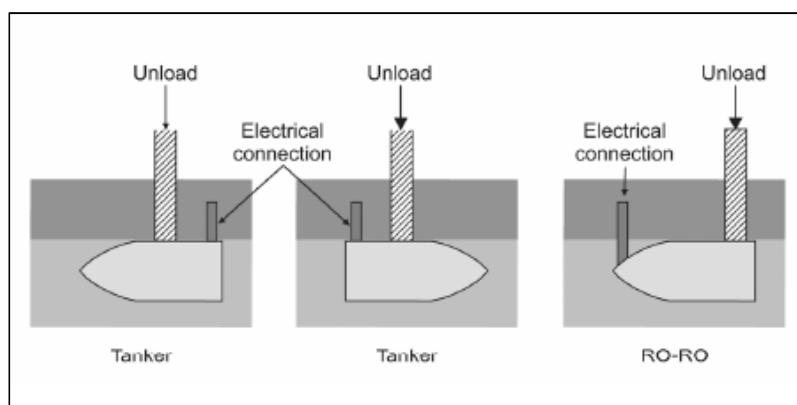



Figura 3.20 - Regime de acostagem para navios que utilizam a mesma posição. (ENTEC, 2005)

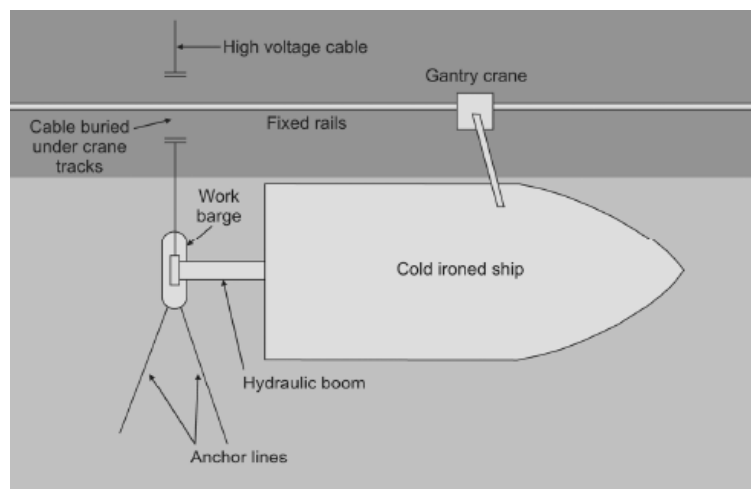



Figura 3.21 - Regime de acostagem para navios que utilizam várias posições. (ENTEC, 2005)

Os operadores da *work barge* teriam de monitorizar o equipamento eléctrico, reposicionar a embarcação quando necessário e adaptar os cabos conforme a maré e alterações no navio.

As ligações *shore-side power* devem estar afastadas de guindastes, mas à beira do cais, em localizações flexíveis, por forma a poderem adaptar-se a diferentes tipos de navio.

3.7.6 Emissões

A redução de emissões obtida na substituição do *cold ironing* relativamente ao funcionamento dos motores dos navios é demonstrada no Quadro 3.7 dependendo do teor de enxofre utilizado no combustível. A redução de emissões utilizando o *cold ironing* depende do tempo de permanência do navio no cais, mas também da potência instalada de cada motor, de cada navio..

Quadro 3.12 - Redução de emissões por cais, utilizando o *cold ironing* em vez do combustível marítimo.

(ENTEC, 2005)

		Redução de emissões (t/ano)		
		Dimensão do motor do navio		
		Pequeno	*Médio*	*Grande*
Combustível com 2,7 % de enxofre	NO_x	16	44	112
	SO_2	15	42	110
Combustível com 0,1 % enxofre	NO_x	14	41	105
	SO_2	0	0	0

A redução de emissões estimada pelo estudo da ENTEC e aqui representadas estão sujeitas a uma margem de erro de 30 %. Isto deve-se à incerteza associada aos factores de emissão utilizados, ao combustível considerado e ao factor de carga do motor dos navios.

De acordo com Rogalska (2008) o porto de Gotenburgo avalia que as emissões de dióxido de carbono serão reduzidas em 10 % se todos os navios tiverem acesso ao *cold ironing*. A redução de emissões de NO_x e SO_2 será bastante superior às do dióxido de carbono – no caso destes poluentes haverá uma diminuição de 95 %.

3.7.7 Custos

Para estimar os custos associados à implementação do *alternative maritime power* é necessário ter em consideração as diferentes características dos navios, nomeadamente a dimensão e idades destes. O Quadro 3.7 no capítulo 3.5.4. mostra as características gerais dos motores, pelo que todas as estimativas de custos de seguida apresentadas estão relacionadas

com estes parâmetros. Por outro lado, são referidos os custos para o reaproveitamento das instalações já existentes ou para a criação de novas instalações. O custo associado à implementação do *cold ironing* depende não só das condições eléctricas existentes no terminal, mas também do tipo de navio a abastecer e ainda da frequência da electricidade a bordo. Desta forma é determinada a necessidade de utilização de um conversor de frequência no cais.

- Custos para os portos

Os custos apresentados de seguida estão divididos consoante as componentes referidas na Figura 3.17.

Etapa 1 e 2: Custo de fornecimento de 1 a 10 MW de alta tensão ao terminal.

Os custos de fornecimento/instalação de energia ligada a uma linha de alta tensão são superiores num terminal já existente do que se se reconstruir uma nova ligação (ver Quadro 3.13)

Quadro 3.13 - Estimativa dos custos de fornecimento de uma ligação eléctrica de alta tensão (considera-se dois cais por terminal).

(ENTEC, 2005)

	Custo total incluindo a instalação (€)	**Custo por cais incluindo a instalação (€)**	**Custo anual por cais (€/ano)**
Nova instalação	255 000	127 500	7 400
Instalação existente	1 064 000	532 000	30 800

Etapa 3: Conversor de frequência de electricidade

Um navio utilizando 60 Hz de electricidade obrigará à instalação de um conversor caso a frequência do lado de terra seja de 50 Hz, pelo que é necessário que a electricidade seja convertida para 60 Hz, por forma a permitir que gruas e guindastes a bordo funcionem. Assim, o preço do conversor de frequência varia entre 300 000 e 500 000 €, tratando-se de um motor pequeno ou grande, respectivamente. Os custos de instalação são cerca de 75 % do custo do equipamento.

Etapa 4: Custo de fornecimento de energia em alta tensão ao terminal.

A electricidade em alta tensão fornecida ao terminal precisa de ser instalada no cais, sem interferência de nenhum objecto/equipamento no terminal. Os custos associados a esta etapa, para uma rede nova estão demonstrados no apêndice I.

A instalação do equipamento de alta tensão num cais sem alterações na rede tem um custo de 9 200 €/ano. Este valor é aproximadamente quatro vezes superior ao da instalação de uma nova rede. Mas a longo prazo o investimento compensa pelas vantagens ecológicas.

Etapa 5:

a) Acostagem do navio em diferentes posições
   1. Navios posicionados sempre na mesma posição: custo 182 400 €
   2. Navios que utilizam várias posições: custo 84 000 – 548 000 €

Os custos de instalação deste sistema em navios que atracam num regime de acostagem com apoio de uma embarcação são bastante superiores, visto que além dos extras que a embarcação de apoio necessita, seria também necessária uma equipa de dois membros para operar a pequena embarcação.

b) Estima-se que a entrega de cabos de alta tensão diminui perigos/acidentes eléctricos. Desta forma é necessário um sistema de bobine de cabos para conectar a alta tensão de terra para o navio. Para este efeito o custo anual deste sistema é de 8 800 €.

No apêndice II estão indicados os custos totais para a implementação do *cold ironing* do lado do porto, considerando uma nova instalação eléctrica (situação mais dispendiosa) e considerando que o porto necessita de um conversor de frequência para os navios que apresentam 60 Hz a bordo.
Os custos existentes para os navios (posição 6, 7 e 8) não serão abordados nesta revisão de literatura, visto que o cerne desta dissertação visa especificamente a defesa de instalação do *cold ironing* no terminal multipurpose, no Porto de Sines.

3.8 Incentivos ao desempenho dos navios

3.8.1 *Environmentally Differentiated Fairway Charges*: Caso da Suécia

Os incentivos económicos podem servir como um complemento à legislação e regulamentos internacionais já existentes, para melhorar a performance em termos ambientais dos navios, tal como apresentado pela Suécia e secretariado da Comissão de Helsínquia (HELCOM). Estes incentivos incluem tributação diferenciada sobre os combustíveis marítimos, taxas portuárias diferenciadas e taxas diferenciadas de tonelagem. (HELCOM, 2006)

Os encargos *Fairway* são por exemplo na Suécia, uma obrigação nacional, sendo cobrados pela *Swedish Maritime Administration* (SMA). Os fundos recebidos permitem o investimento em infra-estruturas marítimas, sua manutenção, investigação na área hidrológica e aprofundar

de estudos hidrológicos, na área dos icebergs. Este mecanismo não é exclusivo da Suécia, abrange também os países envolventes do mar Báltico.

Segundo a North Sea Commission (2005) no caso da Suécia, o sistema de incentivo designado por *Environmentally Differentiated Fairway Charges* foi estabelecido em 1996 entre três partes: a *Swedish Shipowners' Association*, a *Swedish Port and Stevedore Association* e a SMA, tendo entrado em vigor a 1 de Janeiro de 1998. O objectivo deste sistema é reduzir as emissões de NO_x e SO_x provenientes do transporte de e para a Suécia, em cerca de 75 % até ao final da primeira década do século XXI. Actualmente e ao abrigo da HELCOM foi redigida uma recomendação que se aplica a todos os países signatários da Convenção de Helsínquia, de 1974, Recomendação 28E/13, Adoptada a 15 de Novembro de 2007, tendo em conta o Artigo 20, Parágrafo 1 b) e o Apêndice II da mesma Convenção.

Este sistema é baseado no valor de duas componentes:

- Arqueação bruta do navio (*gross tonnage*: GT)
- Quantidade de mercadoria carregada / descarregada (toneladas)

A primeira componente é ambientalmente diferenciada e cobrada no máximo 18 vezes ao ano aos ferries que transportam passageiros e aos transportadores de veículos e um máximo de 12 vezes por ano para cada navio de carga. Relativamente à segunda componente, esta já fora estabelecida antes do acordo das três partes, e baseia-se no volume de carga transportada pelo navio, não possuindo diferenciação ambiental. A diferenciação ambiental visa estabelecer um estímulo para os proprietários dos navios reduzirem as emissões de enxofre e óxidos de azoto, embora isto não altere por si só os cargos totais de SMA para todos os navios aportando na Suécia. (ENARSSON, 2006)

Não existe um aumento geral nos proveitos recebidos em resultado destas taxas. Existe, no entanto, uma diferenciação entre os navios que tomaram medidas para a protecção do ambiente, pelo que estes são taxados por um valor inferior, enquanto os navios com elevados níveis de emissões, pagam taxas superiores. Este é o princípio da diferenciação e implica que o princípio do poluidor-pagador seja aplicado. (ENARSSON, 2006)

Procedimentos administrativos

Segundo SWAHN (2002) para um navio receber o desconto da arqueação bruta, tem de ser apresentado um pedido à SMA. Esta irá verificar as medidas que têm sido adoptadas no navio e então emite um certificado de redução de NO_x. Este certificado irá definir o nível de emissões por kWh e consequentemente o nível de arqueação bruta baseado na taxa a pagar.

Para receber o reembolso pela utilização de combustível com baixo teor de enxofre, o armador tem de fornecer um documento que certifica que o navio está permanentemente e sob todas as circunstâncias a ser abastecido por um combustível que contém menos de 0,5 % de enxofre para os ferries e menos de 1 % de enxofre para outros navios.

Custos

Os custos apresentados de seguida e segundo *Kågeson (*1999) e a North Sea Commission (2005), consideram que 1 SEK corresponde a 0,111 €.

De acordo *Kågeson (*1999) antes da introdução da diferenciação ambiental, os encargos para os petroleiros e graneleiros eram de 3,60 SEK/GT (Coroa sueca/arqueação bruta navio, equivalente a 0,40 €, cobrados em 12 escalas/ano. Os custos anuais eram, portanto, de 43,20 SEK/GT (4,80 €). Para os transportadores de veículos e navios Ro-Pax estes eram obrigados a pagar num ano, a cada 18 escalas 64,80 SEK/GT (7,20 €).

Quadro 3.14 – Descrição da taxa a pagar considerando o tipo de navio, número de visitas e medidas aplicadas.

(Adaptado de North Sea Commission, 2005)

		NO_x e teor de enxofre no combustível	
Tipo de navio	**Número de visitas anuais**	**Sem medidas**	**Com medidas**
Graneleiros e petroleiros	12 ≤	60 SEK/GT (6,67 €)	30 SEK/GT (3,33 €) [1]
Ro-Pax e transportadores de veículos	18 ≤	90 SEK/GT (10,00 €)	45 SEK/GT (5 €) [2]

(1) Aplicação de todas as medidas

(2) Redução de NO_x para menos de 2 g/kWh e teor de enxofre inferior a 0,5 %.

Segundo a North Sea Commission (2005) durante o período de 1998 a 2004, através da introdução deste esquema de incentivos, os petroleiros passaram a ter de pagar 4,40 SEK/GT (0,49 €) caso as emissões de NO_x excedessem mais de 12 g/kWh e 0,9 SEK/GT (0,1 €) caso o combustível contivesse mais de 1,0 % de enxofre a cada 12 visitas.

A taxa a pagar é reduzida gradualmente de acordo com uma escala linear definida (Figura 3.22) e caso todas as medidas de redução fossem tomadas as taxas seriam reduzidas em aproximadamente 50 %. Isto corresponde a valores de NO_x inferiores a duas gramas de NO_x por kWh e teor de enxofre no combustível inferior a 1 %.

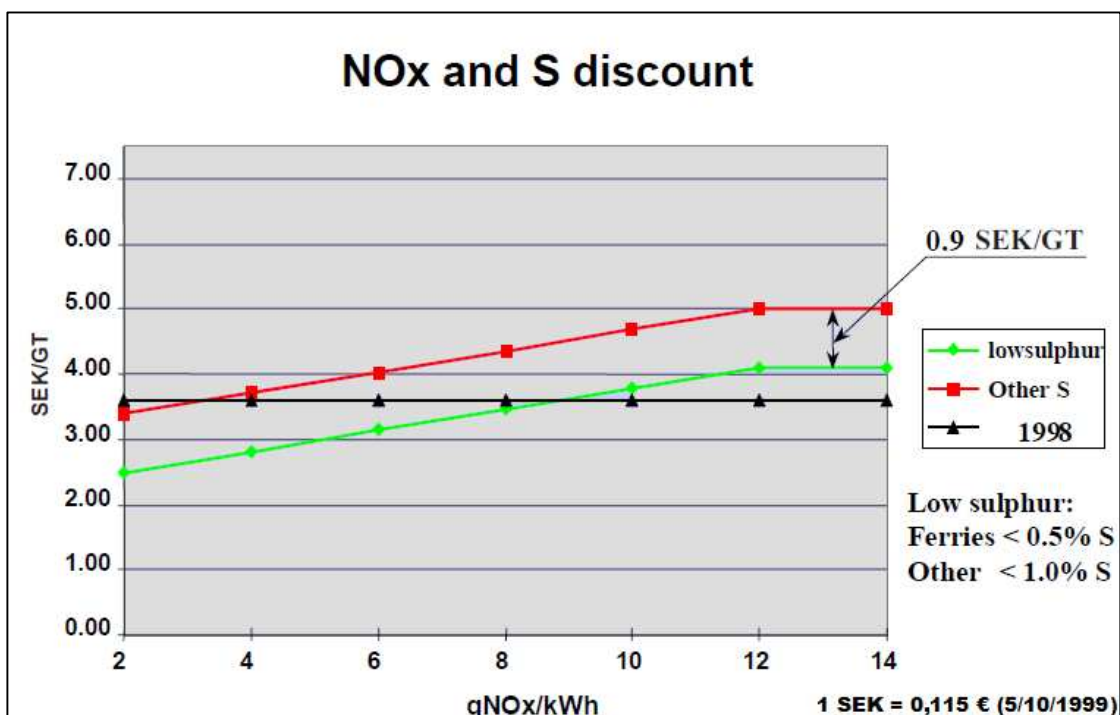



Figura 3.22 - Esquema sueco para atribuição da taxa a pagar para as emissões de NO_x e teor de enxofre no combustível marítimo.

(SWAHN, 2002)

A 1 de Janeiro de 2005 este sistema de incentivo foi reestruturado, a fim de fortalecer o desenvolvimento sustentável da Suécia, mas também de modo a reflectir a evolução técnica relativamente à redução das emissões de NO_x. Aliado a estas duas questões está também o regime obrigatório do Anexo VI da MARPOL, que entretanto entrou em vigor.

A alteração deste incentivo baseou-se principalmente na redução dos níveis máximos de emissões de NO_x de 12 para 10 g/kWh e o nível mínimo de 2 para 0,5 gNO_x / kWh. Quanto ao teor de enxofre este foi modificado para 0,2 %. (North Sea Commission, 2005)

3.8.2 *Green Award*

O Green Award (GA) é um sistema de certificação criado em 1994 pelo município de Roterdão e pelo Ministério dos Transportes e Gestão da Água holandês. A 1 de Janeiro de 2000 a instituição que efectuava a certificação tornou-se numa organização independente, sem fins lucrativos e de participação voluntária. (GOEIJ, 2009)

O principal objectivo deste incentivo é promover a segurança e o comportamento ambiental do navio, tripulação e proprietário do navio, por forma a evitar poluir tanto as águas por onde circula. Ao nível do porto, esta técnica limita-se confirmar uma boa prática exercida pela entidade administrativa do porto. (GA, 2008)

Segundo a *Green Award Foundation* (2008) o GA abrange os navios, as empresas proprietárias e os portos. Os navios que podem beneficiar deste mecanismo são os petroleiros, graneleiros e navios que transportam produtos petrolíferos, desde que tenham no mínimo 20 000 dwt.

A certificação pelo GA consiste em auditorias realizadas, quer à empresa responsável pelo navio, quer ao navio, em que estes têm de demonstrar que cumprem os requisitos impostos pela Green Award Foundation. Estes requisitos encontram-se descritos no quadro que se segue.

Quadro 3.15 – Características dos requisitos do GA.
(Adaptado de GREEN AWARD FOUNDATION, 2008)

Requisito	Objectivo	Critérios	Aplicável
Critérios Básicos	Verificação do cumprimento da legislação e regulamentos internacionais estabelecidos pela IMO	▪ ISM code 100% ▪ *International Convention for the Safety of Life at Sea* (SOLAS), ▪ MARPOL ▪ *International Convention on Standards of Training* ▪ *Certification and Watchkeeping for Seafarers* (STCW)	Empresa e ao navio
Checklist	Controlo de critérios e diferenciação de categorias, referente a cumprimento e conformidade	▪ Futuras convenções da IMO e directivas da indústria ▪ Operações de navegação ▪ Operações de carga, de maquinaria, manutenção, tripulação ▪ Elementos das normas de qualidade: ISO-9002:1994 ou ISO-9001:2000 ▪ Requisitos regionais, por exemplo, da UE	Empresa e ao navio
Inspecção Visual	Verificação das condições dos constituintes de um navio	Casco, convés, maquinaria e outros equipamentos	Navio

Sempre que os resultados da auditoria à empresa responsável pelo navio e a auditoria ao navio estiverem de acordo com os requisitos do GA e após serem verificados e aprovados pelo departamento de certificação, o requerente receberá um certificado para a empresa e para o navio. O GA é válido por 3 anos e passível de renovação após re-auditoria.

Figura 3.23 – Bandeira a exibir pelo navio e pelo porto aderente.

A 4 de Maio de 2009 existiam 234 navios certificados pelo Green Award, dos quais 3 graneleiros e os restantes petroleiros. (Green Award Foundation, 2009)

Se ocorrer um incidente com um navio já certificado pelo GA, o responsável pelo navio tem de comunicar ao gabinete do GA todos os procedimentos e medidas correctivas que foram feitas.

Os portos portugueses reconhecem os navios que possuem a bandeira do Green Award. Estes navios têm em Portugal a vantagem sobre as outras embarcações de obterem um desconto sobre a taxa de uso do porto (TUP). O porto de Sines e Porto de Lisboa dão um desconto de 5 % aos navios acostados, enquanto o Porto do Douro e Leixões e o Porto de Setúbal dão um desconto de 3 %. (Green Award Foundation, 2008)

As principais vantagens para o porto e para o navio encontram-se descritas no Quadro 3.16.

Quadro 3.16 – Vantagens do GA para os portos e para os navios.
(FRANSEN, 2009)

PORTO	PROPRIETÁRIO DO NAVIO / NAVIOS
Aumento da segurança e qualidade	Aumento da segurança → Menos incidentes
Ferramenta que minimiza os problemas de qualidade do ar dos portos	Maior motivação da tripulação
Não tem de contribuir financeiramente para o Green Award	Diminuição dos custos operacionais (com a melhoria do desempenho e com o desconto das despesas de certificação na contabilidade da empresa) e com descontos concedidos por vários portos aos navios certificados
Não tem de ser auditado pelo Green Award	Prémios de seguro mais baixos (prémio mais baixo, franquia mais alta: melhores condições para a gestão)
Aumento da consciencialização sobre questões ambientais e de segurança	Aperfeiçoamento (melhoria contínua)
Reforçar a imagem → Melhor reputação	Melhor imagem→ Mais reconhecimento

3.8.3 Outros esquemas

Existem outros esquemas de incentivos na EU e noutros países:

- Qualship 21 (junção das abreviaturas de “qualidade” e “navio”, para o século XXI): é a iniciativa da Guarda Costeira dos EUA (*U.S. Coast Guard*) para eliminar a navegação

que não corresponde aos critérios padrão, identificando embarcações de baixa qualidade. Ao abrigo desta iniciativa entende-se que as embarcações de qualidade não têm que ser sujeitas à mesma inspecção anual a que têm que ser submetidas as embarcações abaixo dos níveis-padrão. Uma embarcação de qualidade está associada a uma empresa bem gerida, pelo que pertence a uma classe de organizações que têm uma ficha com registos muito positivos. Estas são registadas como sendo-lhes atribuída uma bandeira (correspondendo) à sua situação, tendo um registo de controlo portuário estatal (de nível) superior e, tem nos registos dos controlos portuários estatais em águas territoriais dos EUA uma (classificação) de "excepcional", o equivalente a excelente. (GARRETT, 2009)

- *Green Shipping Bonus*: introduzido pelo porto de Hamburgo, Alemanha, em 2001. Oferece uma redução de taxas portuárias para navios, dependendo do seu desempenho ambiental, incluindo emissões. (HELCOM, 2006)
- *Blue Angel*: lançado em 2002 na Alemanha, este esquema de incentivos integrado é aplicável internacionalmente, procura o desenvolvimento da qualidade na navegação e representa a versão alemã do *Green Award*. A Agencia Alemã Federal para o Ambiente adoptou uma lista de critérios para a navegação com qualidade para atribuir categorias a navios "amigos" do ambiente. É feita a classificação de embarcações com um rótulo ecológico *Blue Angel*, que não se limita aos navios, mas até se aplica em combustíveis, detergentes. (EMSA, 2007)
- *Environmental differentiation of tonnage tax*, Noruega: aplicado para os navios com bandeira norueguesa em função do seu desempenho ambiental, aferido por vários critérios. (HELCOM, 2006)

4 Metodologia

4.1 Abordagem geral

Este trabalho foi realizado em duas partes, como exemplificado na figura que se segue.

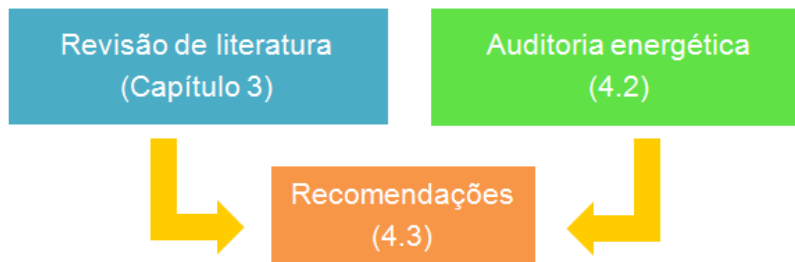



Figura 4.1 – Metodologia utilizada na dissertação.

Na revisão de literatura consultaram-se diversas fontes bibliográficas que permitissem a familiarização do tema em estudo, bem como os conceitos relativos ao transporte marítimo e a dimensão ambiental que este adquire. Explorou-se o mecanismo *cold ironing* e os incentivos existentes ao desempenho ambiental dos navios.

Na auditoria energética foram realizadas deslocações ao Terminal Multipurpose, do porto de Sines, observaram-se as operações realizadas e equipamentos envolvidos e, foram solicitados dados à PortSines, para caracterizar a situação actual.

Com base nestas duas componentes, revisão de literatura e auditoria energética foram sugeridas recomendações que a PortSines deverá optar, com o intuito de melhorar a eficiência energética.

A auditoria energética consiste num exame detalhado das condições da utilização de energia numa instalação. É um processo que permite conhecer onde, quando, como e qual a quantidade de energia utilizada, apresentando posteriormente e em resultado da inspecção efectuada soluções para a poupança de energia, e no sentido de minimizar os impactes no ambiente.

A metodologia utilizada para a realização da auditoria energética às instalações do TMS no porto de Sines teve como suporte o documento "*Eficiência Energética na Indústria – Cursos de Utilização Racional de Energia*" da ADENE (Gaspar, 2004) e pelo manual "Working manual on energy auditing in industries" da APO (2008).

A metodologia utilizada foi seguida tanto quanto possível sujeita a reajustes, tendo em consideração a temporalidade das deslocações realizadas ao local a auditar, e também à celeridade ou não com que os dados iam sendo facultados. A necessidade de seguir a intuição

de "o que fazer a seguir e como o fazer" foi um factor determinante. Na Figura 4.2 apresentam-se as principais fases desenvolvidas.

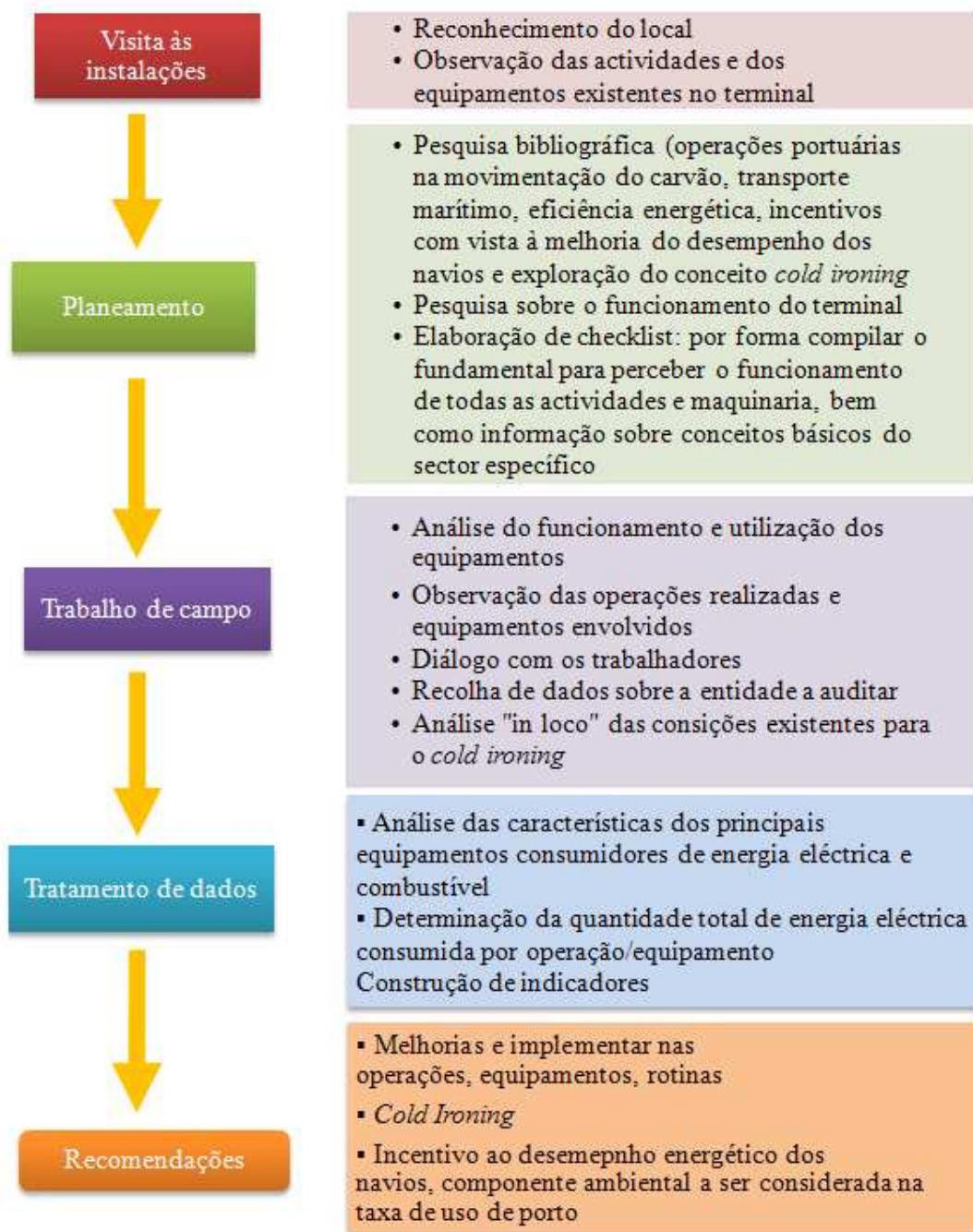



Figura 4.2 - Breve descrição das etapas desenvolvidas ao longo da auditoria.

A primeira visita às instalações da entidade a auditar resumiu-se a uma observação geral da zona envolvida na movimentação do carvão. Nas restantes visitas tiraram-se fotografias, inquiriram-se alguns operários enquanto decorriam as várias operações e recolheram-se mais dados.

Seguiu-se a fase do planeamento, tentando obter informação sobre o mesmo tipo de actividades desenvolvidas, noutros terminais da Europa (tentativa de benchmarking), porém, sem sucesso, pois não houve resposta por parte das diversas entidades contactadas em vários países. Desta forma foi impossível ter um termo de comparação para esta análise, quer quanto ao funcionamento das actividades do terminal, quer no que se refere aos consumos de energia e equipamentos.

Na fase do trabalho de campo, houve possibilidade de analisar em pormenor como se processam todas as actividades. A visita a graneleiros, a subida até ao topo dos pórticos e a caminhada ao longo das pilhas de carvão permitiram observar a natureza desta organização e as diversas fases do trabalho que decorre no TMS.

A recolha de dados foi faseada porque aquando de cada visita realizada, novos dados foram facultados, novas questões surgiram, mas respostas também eram obtidas e a preparação de resultados e oportunidades de melhoria foi-se delineando.

O tratamento de dados tem como finalidade:

1. Identificar os principais consumos de energia (eléctrica e combustível);
2. Identificar o comportamento do consumo de energia nas diferentes operações e equipamentos;
3. Utilização de indicadores, os quais transmitem informação sobre o estado e/ou tendência das actividades realizadas.
4. Identificar situações de desperdício de energia.

Após os resultados obtidos e revistos procuraram-se medidas para reduzir o consumo de energia no TMS e soluções para implementar o *cold ironing* no TMS, assim como um esquema de incentivo a ser aplicado pelos portos nacionais.

4.2 Auditoria às instalações

4.2.1 Dados de suporte

A auditoria incidiu na análise das operações realizadas no terminal, nos equipamentos eléctricos e equipamentos consumidores de combustível existentes.

O período para a análise dos resultados é de cinco anos, de 2004 a 2008, inclusive. Alguns resultados referem-se apenas a um ano em concreto, visto que para o período considerado os resultados eram convergentes, concretamente a análise estimada da distribuição do consumo de energia eléctrica.

A metodologia utilizada para analisar o consumo de energia teve como suporte os dados facultados pela PortSines, representados no quadro que se segue. Estes dados foram trabalhados posteriormente, salientando os dados referentes aos equipamentos consumidores de combustível.

Quadro 4.1 – Dados facultados pela PortSines.

Tipos de dados
Facturas de energia eléctrica
Horas de funcionamento de cada equipamento eléctrico
Características dos motores de cada equipamento
Consumos de gasóleo e tempo de funcionamento
Planta da rede eléctrica do TMS

4.2.2 Equipamentos eléctricos

Tendo acesso às facturas mensais de energia eléctrica desde 2004 até 2008, onde está expresso o consumo mensal efectuado com navio acostado e sem navio, potência contratada e a despesa a pagar mensalmente, foi determinado:

1. Consumo total do terminal, em kWh: somaram-se todos os consumos, com e sem navio acostado, tendo-se obtido o consumo mensal. Realizou-se o mesmo procedimento para todos os meses até se obter o consumo total anual e o consumo distribuído pela presença e ausência de navio em cais.
2. Média anual sobre o valor a pagar por cada kWh consumido: dividiu-se o valor mensal a pagar em €, pelo total de energia consumida em kWh, e posteriormente fez-se a média anual a pagar por cada kWh consumido. O preço por kWh (€/kWh) é utilizado também na secção “Alteração da localização do transformador 3 (TF3).
3. Quanto à representatividade que as diferentes operações possuem: consideraram-se apenas os dados do consumo de energia na presença de navio no terminal, tendo-se feito o mesmo cálculo que em 1, para a operação de descarga. Para a operação de retoma, realizaram-se deslocações às centrais sub-eléctrica norte e sul onde se encontram as “gavetas”, que registam o consumo no momento em que a operação está a ocorrer. Para diferentes caudais de carvão, registaram-se valores diferentes de potência a ser utilizada, tendo-se obtido a potência necessária para diferentes caudais de carvão a transportar. Para a operação de carga não foi possível determinar qualquer cálculo sobre o consumo havido com esta operação, pois não foram facultados dados relativamente aos equipamentos envolvidos nesta operação.

4. Distribuição do consumo de energia ao longo do terminal: de acordo com os dados de suporte, estimou-se a quantidade de energia que cada equipamento (transportadores de correia, pórticos e stacker-reclaimer), consumiu durante o período analisado. Esta estimativa foi realizada com base nas horas de funcionamento de cada equipamento. Para os transportadores este cálculo foi realizado com base na potência em que cada transportador costuma operar. Para o sector da iluminação exterior efectuou-se uma contagem ao longo do terminal do número de lâmpadas existentes e suas características. Para a iluminação dos equipamentos utilizaram-se os dados facultados pela PortSines, relativamente ao tipo de lâmpadas existentes. Considerou-se, quer para a iluminação exterior, quer para a iluminação dos equipamentos, que estes estão em funcionamento cerca de 12 horas por dia. Foi utilizado o mesmo procedimento para se estimar o consumo de energia eléctrica no edifício administrativo, consoante os equipamentos consumidores de energia eléctrica presentes (computadores, monitores, impressoras, frigorífico, fotocopiadora e iluminação interior do edifício). Estes dados foram fornecidos por comunicação pessoal da dissertação de Rita Guerreiro "Eficiência Energética na Administração do Porto de Sines", que realizou um estudo semelhante em paralelo e trabalhou estas estimativas para os edifícios que funcionam como escritório da Administração do porto de Sines, os quais apresentam características semelhantes às existentes no edifício administrativo da PortSines, isto é, os mesmos equipamentos e hábitos associados à utilização dos mesmos. Para o consumo de energia eléctrica necessária para o aquecimento de águas sanitárias (duche dos operários), utilizou-se o *Energy Monitor*, que mediu o consumo de um termoacumulador, durante 24 h. Com base no valor registado, multiplicou-se assim o valor obtido pelo número de termoacumuladores e por 365 dias, obtendo-se o consumo anual estimado.

Figura 4.3 - *Energy Monitor* a medir o consumo de um termoacumulador no edifício administrativo do terminal.

5. De seguida, elaborou-se um gráfico sob a forma de percentagem, para o ano de 2008 apenas, visto que a distribuição do consumo de energia eléctrica deste ano é semelhante aos anos anteriores. O usual erro de desvio associado à estimativa foi calculado com base na diferença entre o consumo total do terminal determinado em 1 e o consumo estimado determinado em 4.
6. Através dos dados obtidos em 4, analisou-se em detalhe o consumo de todos transportadores de correia.
7. Determinou-se ainda a taxa de ocupação do cais de carvão, contabilizando todos os navios que frequentaram o TMS e o seu tempo de permanência no cais, para cada ano em análise.
8. Analisou-se o tempo que envolveu a operação de descarga de carvão e as paragens que ocorreram durante a operação, tendo-se determinado a significância destas paragens na factura do terminal.

As representações correspondentes aos cálculos acima mencionados encontram-se no capítulo 5.

4.2.3 Equipamentos consumidores de combustível

Foram analisados todos os equipamentos movidos a gasóleo existentes no TMS, incluindo os que não entram na operação de transporte do carvão, isto porque, apesar da auditoria energética ter como objecto de estudo as operações que envolvem o carvão, a finalidade da auditoria também é analisar e fazer recomendações sobre a possibilidade de eventuais poupanças no consumo de combustível.

Analisou-se o comportamento do consumo de combustível para todos os equipamentos e foi efectuada a comparação entre o mesmo tipo de equipamentos (características e funcionalidades iguais) e o consumo de combustível registado para o mesmo período, para verificar como é que a utilização destes equipamentos é feita. Optou-se pela análise no espaço de um mês, para o ano de 2007, por forma a perceber-se como é que os diferentes equipamentos com as mesmas características são utilizados.

4.2.4 Emissões

As emissões de GEE associadas ao consumo de electricidade correspondem às emissões indirectas do universo da PortSines, enquanto consumidor final de energia eléctrica.

Para a quantificação das emissões recorreu-se às quantidades consumidas de combustível e de electricidade. Assim, e multiplicando estes consumos pelos respectivos factores de emissão, foi possível estimar as emissões atmosféricas resultantes das actividades do TMS.

- Electricidade

Para efeitos de contabilização de emissões associadas ao consumo de electricidade, em resultado das emissões indirectas associadas à respectiva produção, foi utilizado um factor de emissão fixo, publicado no Despacho da DGEG n.º 17313/2008, relativo ao SGCIE e apresentado como representativo do Sistema Eléctrico Nacional (SEN), e que assume o valor de 0,47 kgCO_2e/kWh. Utilizou-se este factor de emissão para todos os anos, por forma a uniformizar os resultados.

- Combustível

Os equipamentos móveis são responsáveis por um elevado consumo de combustíveis fósseis, constituindo uma das principais fontes de poluição atmosférica. Desta forma, além de se terem estimado as emissões totais de GEE, determinaram-se ainda as emissões de SO_2 e NO_x que constituem gases com efeitos acidificantes (GEA).

Determinou-se o consumo de gasóleo em GJ, sabendo que 1 kg corresponde a 0,0433 MJ. Desta forma, multiplicou-se o consumo pelo factor de emissão representado no Quadro 4.2, e obtiveram-se as emissões de GEE.

Quadro 4.2 - Propriedades do gasóleo utilizadas nos cálculos para determinação das emissões. (Fonte: Despacho n.º 17313/2008)

	PCI (MJ/kg)	FE (kgCO_2e/GJ)	ρ (kg/l)
Gasóleo	43,3	74	0,84

Para o cálculo das emissões das substâncias com efeitos acidificantes, utilizaram-se os factores de emissão para veículos pesados de mercadorias tabelados no *Portuguese Informative Inventory Report* da Agência Portuguesa do Ambiente (APA), de Março de 2009. Para o SO_2 assumiu-se o valor de 0,02 kg/GJ, enquanto que para o NO_x fez-se a média do factor de emissão fixo para o ano de 2005 e 2007, tendo-se obtido o valor de 0,562 kg/GJ.

As emissões atmosféricas originadas pela recepção de carvão no terminal multipurpose não são quantificadas no âmbito do presente estudo, uma vez que não foram facultados dados, por parte da APS, relativamente ao abastecimento de combustível aos navios que frequentam o TMS.

4.2.5 Indicadores

Determinaram-se sete indicadores, os quais são explicados de seguida. Pensou-se em acrescentar um indicador denominado por “Quantidade de energia utilizada para diferentes

cargas de navio”, porém este foi impossível de calcular, porque ao mesmo tempo que se procede à operação de descarga de um navio, outras operações podem estar a decorrer, como a retoma de carvão, não sendo por isso possível detalhar de que forma o consumo é feito para diferentes quantidades de carvão.

- Energia gasta por tonelada descarregada

Na obtenção deste indicador considerou-se a quantidade de energia determinada em 4.2.2, ponto 1, e conhecendo as toneladas de carvão descarregado estabeleceu-se uma relação entre as duas variáveis.

- Custo por tonelada descarregada

Para este indicador foi necessário conhecer o valor a pagar pelo consumo duma unidade de energia eléctrica, determinado em 4.2.2 ponto 2, e sabendo as toneladas de carvão descarregado, o resultado obtido é o custo associado a cada tonelada descarregada.

- Toneladas por hora

Este indicador é interpretado pela PortSines como a “produtividade” do terminal tendo sido calculado no presente trabalho sabendo a quantidade de carvão descarregado num ano, e o tempo de operação de descarga, excluindo os tempos de paragem.

- Energia consumida por cada metro dos transportadores

Consumo de energia eléctrica por metro de carvão percorrido nos transportadores de correia.

- Energia consumida por euro facturado na operação de descarga de carvão

Na construção deste indicador utilizou-se o tarifário aplicado pela PortSines por cada tonelada descarregada. Estes dados foram pedidos à entidade a auditar e encontram-se no quadro 5.17. Calculou-se o quociente entre a quantidade de energia consumida num ano e os ganhos obtidos pela descarga de carvão tendo-se obtido os ganhos económicos (€) resultantes da descarga de carvão.

Não foi possível realizar o mesmo procedimento para as outras operações, visto que não se teve acesso à quantidade de carvão movimentada durante a operação de carga e retoma de carvão do parque de armazenamento para comboio, camião, navio.

- Consumo de combustível para a movimentação de madeira

A Sennebogen M825 não pertence aos equipamentos utilizados para realizar a movimentação de carvão. Porém, é referida pois consome energia na forma de combustível, pelo que é pertinente incluí-la nesta análise de consumos de energia. Esta máquina desempenha um papel

importante para realizar o transbordo de madeira do TMS para um navio e de um navio para o TMS.

4.3 Oportunidades de melhoria

4.3.1 Âmbito

Após a determinação dos resultados, pensou-se na implementação de medidas que permitissem que a eficiência energética no terminal fosse melhorada. O critério considerado foi o período de retorno do investimento a fazer, aliado à quantidade de energia eléctrica que irá ser poupada com a implementação da nova opção.

4.3.2 Operação

Para as operações envolvidas pensou-se de que forma se pode actuar para que o consumo de energia seja menor, sem pôr em causa a eficácia do processo que mais energia consome na movimentação de carvão.

4.3.3 Equipamentos eléctricos

Para estes equipamentos decidiu-se actuar sobre os principais consumidores de energia eléctrica. Para os pórticos, stacker-reclaimer e transportadores pensou-se em medidas de operacionalidade e ainda na eficiência dos constituintes destes equipamentos, como os motores existentes. Ponderou-se também agir noutras secções consumidoras de energia eléctrica: iluminação exterior (alteração do tipo de iluminação actual), iluminação dos equipamentos (alteração do tipo de iluminação actual), alternativa para o aquecimento de águas sanitárias.

As soluções propostas tiveram a colaboração e fornecimento de informação relevante por parte de várias empresas para que as medidas pensadas pudessem ser concretizadas.

Para todos os cálculos realizados que envolvem investimento em novas soluções, o preço do kWh utilizado foi o preço registado no último ano, 2008. Este valor também está presente no cálculo do período de retorno:

$$Período\ de\ retorno = \frac{Investimento\ (€)}{Poupança\ de\ energia\ anual\ (kWh)\ \times preço\ do\ kWh\ no\ último\ ano}$$

Este cálculo foi determinado considerando que não existem limitações ao investimento pelo que o cálculo é aproximado.

- *Transportadores*:

ABB – Substituição de motores existentes por motores de alto rendimento

Para a substituição dos motores dos transportadores existentes, utilizou-se um programa elaborado pela ABB, o EffSave, o qual permite estudar a melhor opção para a substituição dos motores existentes por motores novos da marca ABB.

Introduziram-se as características do motor existente no terminal e as características de um motor da ABB, de alta eficiência, que fosse semelhante, considerando as seguintes características: potência (kW), número de pólos (2, 4, 6 ou 8), e a eficiência do motor (%). A eficiência do motor da ABB já se encontra determinada, pelo que a eficiência do motor existente no terminal, foi calculada da seguinte forma:

$$Potência\ eléctrica(kW) = \frac{\sqrt{3}Tensão\ (V) \times Intensidade\ (A) \times \cos\varphi}{1\ 000}$$

$$\eta\ = \frac{Potência\ mecânica\ (kW)}{Potência\ eléctrica\ (kW)} \times 100$$

Como os motores já sofreram algum desgaste, devido ao tempo de vida que os motores apresentam, foram subtraídos 2 % à eficiência determinada, como sugerido pela ABB.

Depois, indicou-se a percentagem do tempo durante o qual o motor actual se encontra a funcionar a diferentes cargas. O total de horas de funcionamento do motor num ano também foi tido em consideração.

Introduziram-se os dados relativos ao preço da energia (€/kWh) que a entidade pagou no último ano (2008), e ainda o custo do novo motor (referenciado no catálogo de preços de motores de baixa tensão da ABB). Assim, é obtida a informação sobre a poupança de energia (kWh), a poupança monetária (€), o período de retorno (anos) e ainda a redução de emissões ao introduzir-se o factor de emissão a considerar. Todas as poupanças determinadas são sempre calculadas com base na diferença entre o custo do motor novo e o antigo.

Visto que não foi possível conhecer o custo actual do motor existente e esta informação é essencial para que os dados obtidos pelo software utilizado sejam viáveis, seguiu-se a sugestão da ABB e considerou-se que o custo do motor é de 1 €.

Desta forma, vários ensaios foram realizados, visto que a gama de motores da ABB é bastante vasta e diversificada, tentando escolher-se a melhor opção de acordo com os critérios definidos anteriormente. A escolha do novo motor e do investimento necessário tem como referência o catálogo de produtos e a tabela de preços desta organização.

SEW EURODRIVE e Siemens - Implementação de VEV

De acordo com a revisão de literatura feita, considerando que os VEV permitem reduções no consumo de energia, estabeleceu-se contacto com diversas empresas (Siemens e SEW EURODRIVE), por forma a verificar se a implementação destes no TMS permitirão reduzir o consumo de energia eléctrica dos transportadores de correia. As considerações das empresas contactadas encontram-se descritas no capítulo das oportunidades de melhoria.

ABB - Implementação de arrancadores suaves (*soft-starter*)

Este dispositivo não reduz a energia eléctrica que os motores consomem, no entanto é uma medida que visa reduzir o desgaste mecânico do motor, durante o arranque e a paragem, permitindo a poupança de energia desligando os motores com maior frequência.

- *Iluminação exterior*

Além de se ter pensado na substituição das luminárias existentes por outras com um consumo inferior, tentou-se obter informação junto da EuroSolution, Lda., relativamente à iluminação feita por candeeiros solares para a iluminação exterior do TMS.

PHILIPS – Substituição da iluminação existente

Para a apresentação de melhorias relativamente a este sector recorreu-se à utilização do luxímetro (representado na Figura 4.4), o qual permitiu medir o feixe de luz das luminárias existentes no TMS. Apenas foram feitas medições para as vias principais que apresentavam maior movimentação de viaturas e que apresentavam uniformidade na distância entre as luminárias. A Via 1 corresponde à via atrás do Edifício Administrativo até à ECV. A Via 2 corresponde à via que faz a ligação entre a *Ibercoal* e o cais Finger. A Via 3 corresponde à via paralela à via 1, do lado das pilhas de carvão.

Figura 4.4 - Instrumentos utilizados para a medição do feixe de luz: luxímetro e fita métrica.

Realizaram-se outras medições no local, nomeadamente:

- Largura da via a iluminar;
- Distância entre luminárias;

- Distância da lâmpada ao poste.

Foi feita uma grelha para cada via onde se registaram as medições.

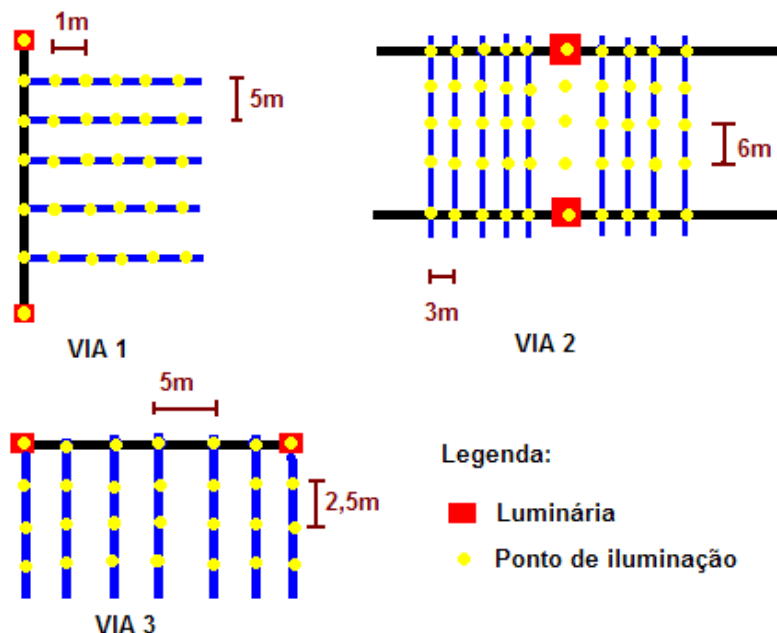



Figura 4.5 - Representação das medições realizadas nas três vias.

Todas estas variáveis, assim como o esquema das medições realizadas, foram facultados à PHILIPS, a qual introduziu os dados no seu programa "CalcuLux", permitindo testar a viabilidade da implementação da medida seleccionada. Após a PHILIPS ter apresentado o tipo de lâmpada que se adequasse ao local a iluminar, assim como o preço unitário (€) verificou-se, para cada via, o investimento envolvido e as poupanças que se poderão verificar.

A PHILIPS apresentou três propostas, pelo que apenas uma solução foi considerada, a implementação da *Cosmopolis*, como explicado no capítulo 5.4.2 em "iluminação exterior".

- *Iluminação equipamentos*

ForMast Iluminação – Substituição da iluminação existente

Para a iluminação dos equipamentos e considerando o levantamento das características das lâmpadas existentes no terminal estabeleceu-se contacto com a ForMast Iluminação, a qual apresentou uma tabela de equivalências das lâmpadas existentes por LED.

Assim, e sabendo o tipo de lâmpada existente e as suas características, recorrendo à tabela da ForMast, conseguiu-se determinar qual o tipo de LED mais adequada a instalar. A Formast deu ainda a conhecer os preços que pratica para os vários tipos de lâmpada, pelo que

recorrendo ao preço unitário da nova lâmpada, foi possível realizar um estudo sobre as vantagens associadas à substituição das lâmpadas existentes por LED.

- *Águas quentes sanitárias*

K-Solar – Implementação de painéis solares térmicos

Apesar da energia necessária para o aquecimento de águas sanitárias não estar directamente relacionada com os processos desenvolvidos no terminal, decidiu-se dar conhecimento à entidade a auditar, sobre uma oportunidade para a redução de energia eléctrica consumida. Assim, a proposta para a implementação de painéis solares térmicos com vista à redução do consumo de energia eléctrica encontra-se descrita no capítulo 5.4.2, segundo a proposta da K-Solar. Para determinar o número de colectores a serem utilizados para a produção de AQS foi utilizado o programa SOLTERM (5.0) do Instituto Nacional de Engenharia, Tecnologia e Inovação, I.P. (INETI).

- Necessidades de águas quentes sanitárias (AQS)

Não foram facultados dados relativamente ao consumo de água utilizada no terminal. Foi pedido à K-Solar que determinasse as necessidades energéticas necessárias para implementar painéis solares térmicos para aquecimento de águas sanitárias, considerando como pressuposto o número de trabalhadores do terminal (30), por cada turno (4 turnos diários). Desta forma determinou-se que o consumo estimado é de 1 200 L/dia, sendo que uma utilização típica de cada chuveiro 40 L/pessoa a 60 ºC.

Após medição da energia necessária para o aquecimento de águas quentes sanitárias, recorrendo ao *Energy Monitor*, concluiu-se que o consumo estimado baseado nos pressupostos não corresponde à realidade, porque as necessidades térmicas determinadas pelo SOLTERM foram demasiado elevadas comparando com as necessidades energéticas indicadas pelo *Energy Monitor*. Perante isto, foi efectuado um novo orçamento. Assim, tinha-se utilizado como pressuposto que todos os operários usufruem dos balneários, facto que a medição realizada com Energy Monitor veio contrariar, porque apenas 8 operários utilizam o balneário diariamente.

4.3.4 Equipamentos consumidores de combustível

Tentou estabelecer-se contacto (via e-mail e via carta) com os vários fabricantes dos equipamentos existentes no terminal multipurpose, em Sines, por forma a saberem-se boas práticas que os operários devem ter ao manusear as máquinas existentes. Por outro lado, pensou-se em analisar a viabilidade da substituição dos equipamentos existentes por novos. A

Barloworld STET - Caterpillar recebeu com satisfação o interesse despertado e agendou uma reunião para dar a conhecer a evolução tecnológica dos equipamentos desta marca. Desta forma, foram facultadas algumas informações, nomeadamente os consumos médios (L/h) dos novos equipamentos. Considerando isto, e tendo o consumo de combustível do ano de 2007, decidiu determinar-se se existirão poupanças de combustível ao substituir os equipamentos existentes por novos e qual será o período de retorno associado a uma eventual substituição. Para esta análise considerou-se que os novos equipamentos irão funcionar durante o mesmo período de tempo que os equipamentos existentes registaram em 2007.

4.3.5 Alteração da localização do transformador 3

No âmbito deste estudo propôs-se alterar a localização do transformador 3 (TF3), isto porque, apesar do TF 3 apresentar uma curta distância até à Estação de Carregamento de Vagões (ECV), se localiza a uma distância bastante superior às restantes fontes de consumo a serem alimentados por energia eléctrica. Desta forma, uma maior proximidade do TF3 relativamente às fontes de consumo que usufruem da energia eléctrica proveniente deste transformador irá reduzir as perdas de energia (por efeito de joule) e consumos daí resultantes. Assim, o objectivo deste exercício é calcular quais são as secções de cabo mais atraentes do ponto de vista económico para a nova localização.

A metodologia utilizada para este efeito baseou-se no procedimento aplicado pela empresa General Cable disponível em http://www.generalcable.pt. A metodologia consultada sofreu alguns reajustes, visto que a General Cable compara apenas duas secções de cabo e não faz uma comparação simultânea de todas as secções possíveis. Definiu-se como "fonte de consumo" os transportadores de correia e a estação de carregamento de vagões que são abastecidos pelos cabos provenientes do TF3.

Definiu-se uma localização, a única disponível no terminal, para o TF3 com as seguintes coordenadas: 37º56´29,51´´N; 8º50´59,7´´W.

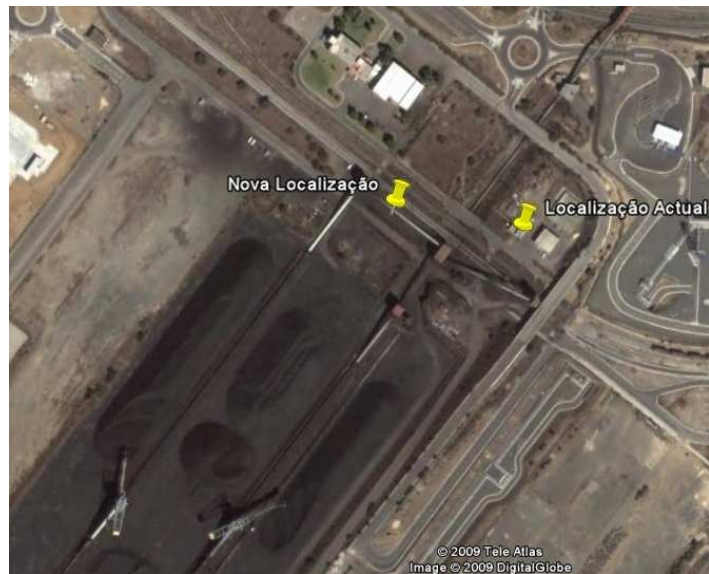



Figura 4.6 - Localização actual do TF 3 e nova localização.

(Fonte: Google Earth, imagem de 19 Outubro de 2004).

Figura 4.7 - Esquematização da metodologia utilizada para alterar a localização do transformador 3.

A fórmula utilizada para cálculo do valor actual líquido (VAL) foi a que se segue:

$$VAL = \frac{Cash\ Flow\ (€)}{(1+i)^n} - \ Investimento\ (€)$$

Cash Flow – Foi determinado a preços constantes de 2008.

n – número de anos

i - taxa de actualização (neste caso considerou-se 3 % sugestão do Prof. Dr. Rui Santos)

4.3.6 *Cold ironing*

Sugerem-se medidas e procedimentos que o porto de Sines juntamente com a concessionária do terminal tem de fazer para que este mecanismo seja implementado. Pensou-se numa possível localização, para implementar os dispositivos necessários ao *cold ironing* no TMS, e no tipo de mecanismo que deverá ser considerado.

4.3.7 Incentivo

Propõe-se desenvolver um incentivo económico que permita aumentar a eficiência energética dos navios. Este incentivo deverá conter uma componente ambiental, a qual terá em consideração diversos critérios. Consoante estes critérios será aplicada a taxa de uso do porto que o navio deve pagar.

A aplicação e adaptação em simultâneo de todas as medidas acima indicadas e explicadas no capítulo 5.4 contribui de forma segura para redução dos custos actuais, mas também para auxiliar a PortSines a tornar-se mais eficiente. No caso do *cold ironing* este não está só ligado à PortSines, mas também à autoridade portuária e a todas as entidades interessadas em implementar o mecanismo. O incentivo deverá ser interpretado como uma melhoria, com vista à eficiência no transporte marítimo.

5 Resultados e discussão

5.1 Energia

Dentro do Porto de Sines, o Terminal Multipurpose constitui o principal consumidor de energia da APS, cerca de 50 %. Nesta análise não foi considerado o terminal do gás natural (TGN) – REN Atlântico, visto que este adquire energia à REN e não à APS, sendo o único em que tal acontece.

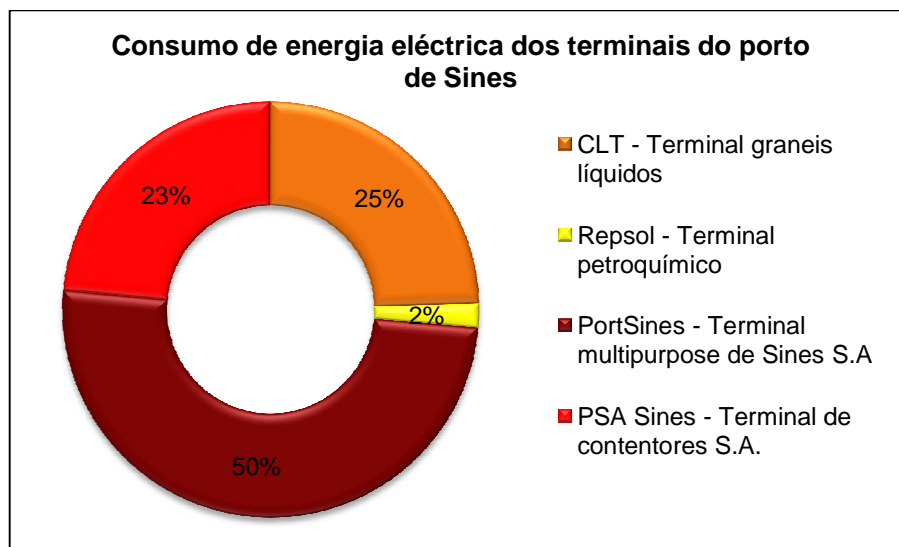



Figura 5.1 - Peso de cada terminal na factura da APS, em 2008. (Dados facultados pela APS)

A zona onde está implantada e actua a PortSines é uma área de consumo intensivo de electricidade, tendo apresentado no último ano (2008) o consumo mais baixo dos últimos cinco anos, 4 285 MWh. Isto é explicado pela menor movimentação de carvão registada no terminal (Figura 2.10), pelo que é a movimentação de carvão que determina a factura de toda a PortSines.

Quadro 5.1 - Consumo de energia eléctrica no TMS entre 2004 e 2008.

Ano	Consumo de electricidade	
	MWh	TJ *
2004	5 496	19,8
2005	5 424	19,5
2006	5 964	21,5
2007	4 996	18,0
2008	4 285	15,4

O consumo de electricidade do terminal quando um navio está atracado adopta o mesmo comportamento que a quantidade de carvão importada (Figura 2.10), ou seja, existe um maior consumo de energia eléctrica quando se descarrega maiores quantidades de carvão. Relativamente ao consumo de energia eléctrica no TMS na ausência de navios manteve-se praticamente constante, durante o período 2004 a 2008, ou seja, à volta dos 36 % da energia total consumida no terminal multipurpose (ver Figura 5.2).

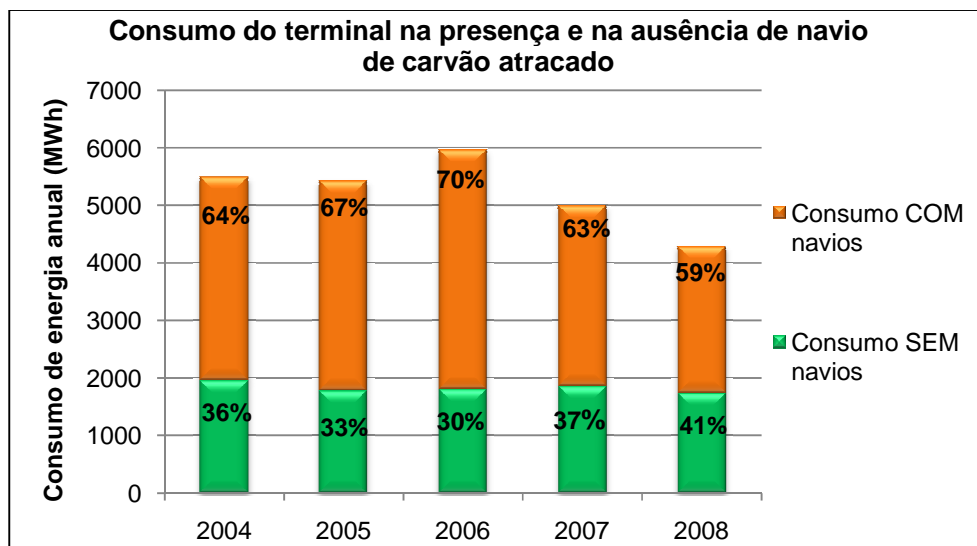



Figura 5.2 - Distribuição do consumo de energia eléctrica com e sem navio.

(Adaptado das facturas de electricidade da PortSines)

O preço a pagar pelo conjunto de actividades e processos que o TMS desenvolve está representado no quadro 5.2.

Quadro 5.2 - Custos anuais de electricidade, a preços correntes.

	2004	2005	2006	2007	2008
Preço por kWh	0,078	0,085	0,093	0,093	0,108
Despesa (€/ano) (1)	428 067	463 229	557 200	491 315	461 614

(1) Valor extraído das facturas de electricidade da PortSines

Associado a um elevado consumo existem sempre grandes gastos, no entanto recorda-se que naturalmente o valor da factura de electricidade também está dependente dos preços fixados pela EDP. Pela figura 5.3, confirma-se que o preço da electricidade tem vindo a aumentar anualmente.

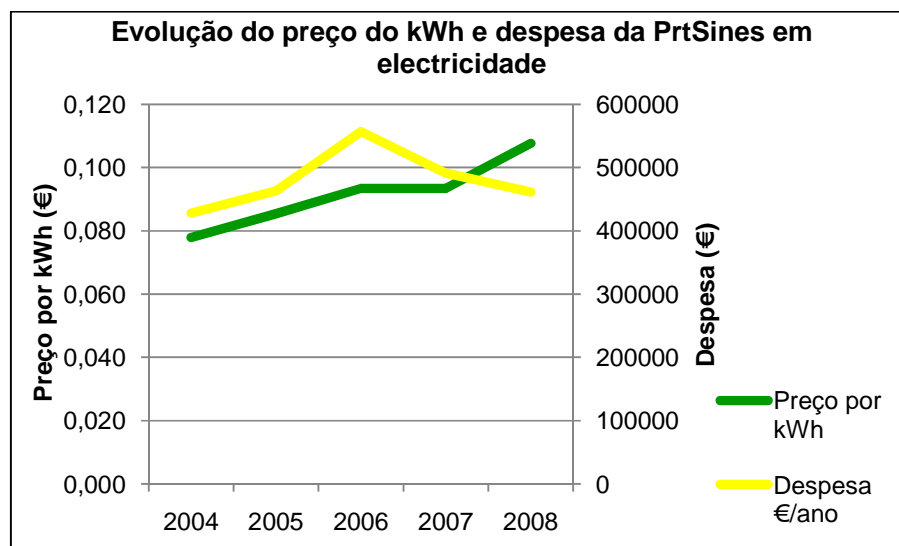



Figura 5.3 - Análise do aumento do preço do kWh, a preços correntes.

A potência contratada é automaticamente alterada para determinado valor de potência com base no maior registo de potência durante 12 meses. O comportamento da potência contratada pelo TMS apresenta-se no quadro que se segue.

Quadro 5.3 – Média anual da potência contratada em kW.

Ano	2004	2005	2006	2007	2008
Potência Contratada (kW)	2 297	2 261	2 217	2 217	2 500

5.1.1 Operação

- Descarga

É no processo de descarga de carvão que existe um maior número de equipamentos a funcionar simultaneamente: os pórticos, os transportadores de correia e as stacker-reclaimer. Desta forma, determinou-se que este processo é maioritariamente responsável pelo consumo de energia do terminal, como é visível através das percentagens indicadas na figura 5.4. Verifica-se que durante o período analisado (2004-2008) o ano de 2006 foi aquele em que ocorreu maior consumo de energia; também nesse ano o TMS registou o máximo de ocupação do cais, como observado pelo quadro 5.8. Em contrapartida, em 2004 e 2005 a energia total consumida no porto pouco divergiu, sendo que em 2004 se consumiu mais electricidade; curiosamente constata-se que o consumo na operação de descarga teve evolução inversa ao consumo total (gastou-se menos energia em 2004, do que em 2005, o que resulta do movimento de navios no TMS em 2005 ter sido maior – ver quadro 5.6.

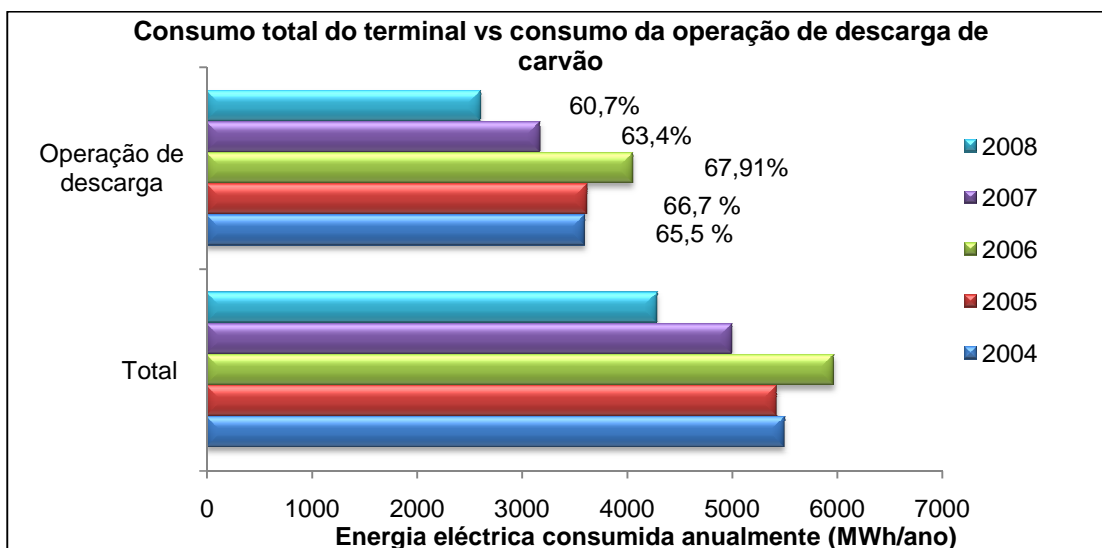



Figura 5.4 - Importância da operação de descarga no consumo total do terminal.

- Carga

Não foi possível analisar o processo de carga de carvão do TMS para outros destinos via marítima, visto que a entidade auditada não disponibilizou os dados relativamente à quantidade de carvão exportada, às horas de funcionamento do *shiploader*, bem como sobre as características do motor deste equipamento, porque considera que este processo não é determinante na factura de energia. Desta forma, foi necessário excluir os transportadores de correia que participam no processo de carga de carvão (C20, C18, C17, C4A, C19, BC-1 e PC-1). Independentemente do processo de carga de carvão, mesmo que se quisesse incluir a análise destes transportadores na dissertação, também não seria possível, porque também não foram facultados dados sobre o funcionamento dos mesmos.

- Retoma

Relativamente ao processo de retoma, analisaram-se duas situações: retoma de carvão a 800 t/h e a 1 400 t/h.

Quadro 5.4 - Comparação da potência requerida no processo de retoma para diferentes quantidades de carvão movimentadas, kWh por tonelada.

	Transportadores		**Stacker-reclaimer**	
Carvão movimentado (t/h)	**800**	**1 400**	**800**	**1 400**
Potência solicitada (kW)	347	450	170	248
Consumo unitário (kWh/t)	0,43	0,32	0,21	0,17

Para o processo de retoma a 800 t/h a energia necessária para os transportadores funcionarem é superior à energia necessária para realizar a retoma a 1 400 t/h. O mesmo se passa com as *stacker-reclaimers*, que necessitam de um esforço maior, ou seja, maior consumo de energia para retirarem 800 t/h de carvão empilhado.

5.1.2 Equipamentos eléctricos

Ao longo do período analisado verificou-se (Figura 5.5, a seguir) que o consumo dos transportadores de correia foi sempre superior aos outros equipamentos. Isto é expectável, pois os pórticos funcionam apenas na operação de descarga, enquanto as *stackers-reclaimers* e os transportadores funcionam em todas as operações. Apesar dos motores das *stackers-reclaimers* e dos transportadores terem aproximadamente a mesma potência, a justificação para os transportadores terem um consumo mais elevado prende-se com o facto de que quando uma stacker-reclaimer está a operar, simultaneamente, estão cinco ou seis transportadores, pelo que o consumo destes é bastante superior.

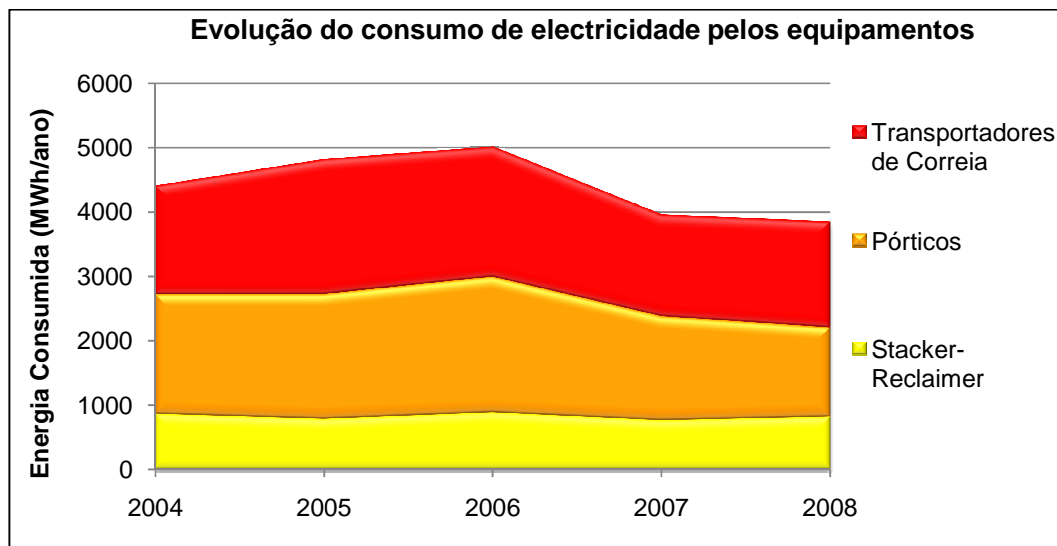



Figura 5.5 - Evolução e comparação do consumo de energia eléctrica nos equipamentos.

A representatividade dos transportadores de correia na factura de electricidade do TMS é de 38 % do consumo de energia total para o ano de 2008. A categoria “edifício” refere-se ao consumo de energia eléctrica no edifício administrativo, nomeadamente à iluminação interior, computadores, monitores, impressoras, fotocopiadoras e frigoríficos. O erro associado às estimativas é cerca de 1 %. Este erro está associado ao consumo de electricidade dos transformadores espalhados ao longo do terminal (que não foi contabilizado, porque não existem dados) e ainda ao equipamento utilizado para carregar carvão, o *shiploader*, o qual não faz parte da análise deste trabalho. O erro apresentado poderá também dever-se ao tempo de funcionamento que foi considerado para o sector da iluminação, cerca de 12 h.

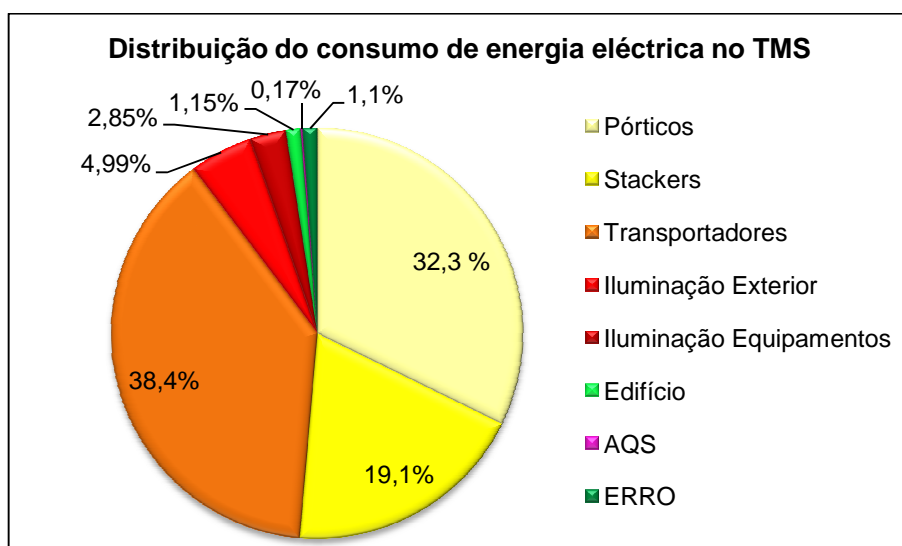



Figura 5.6 – Distribuição do consumo de electricidade pelos vários usos em 2008.

Quadro 5.5 - Discriminação do consumo estimado, consumo real e erro associado em kWh, para o ano 2008.

	Energia (MWh)
Consumo estimado	4 237,7
Pórticos	1 383,0
Stackers	817,5
Transportadores	1 644,0
Iluminação Exterior	213,7
Iluminação Equipamentos	122,3
Edifício	49,3
AQS	7,1
Consumo real	4 285,0
Erro	48,0

De todos os transportadores de correia existentes no TMS, os transportadores C6, C7 e C8 revelam-se como os principais consumidores de energia eléctrica. Este facto pode ser explicado devido não só às dimensões dos mesmos (C6 tem 1 315 m, C7 tem 1 170 m e C8 apresenta 203 m de comprimento), mas também porque pertencem aos itinerários mais utilizados para transportar o carvão (ver figura 2.6).

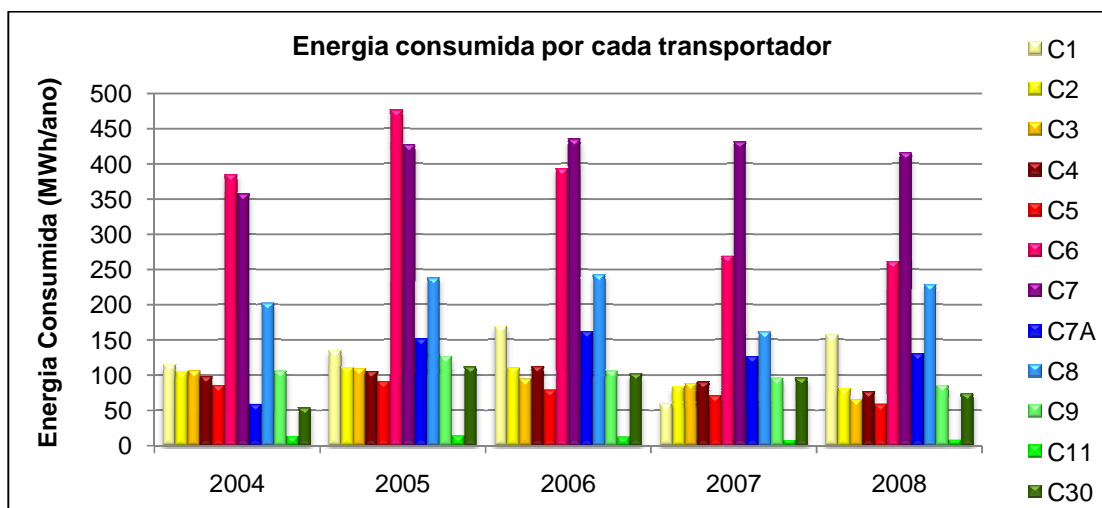



Figura 5.7 - Comparação do consumo de energia dos transportadores para os diferentes anos.

Os transportadores desempenham um papel importante no consumo de energia do terminal porque participam nos três processos desenvolvidos. Visto que os dados disponíveis e posteriormente trabalhados referem-se apenas ao consumo total de energia no terminal, isto é, consumo do terminal com navio ou sem navio, e não existe registo com a discriminação do consumo de cada equipamento na presença ou ausência de navio, não é possível determinar a relevância com que cada equipamento contribui para cada tipo de operação a desenvolver.

- Taxa de ocupação do cais de carvão:

Do ano de 2004 para 2005 registou-se um aumento de 74 navios que frequentaram o TMS (ver quadro 5.6). O movimento de navios de carvão não é proporcional à quantidade de carvão movimentada.

Relembrando a Figura 2.10, foi no ano de 2006 que mais carvão se importou, porém, neste ano o número de navios é inferior ao ano anterior, 2005. Desta forma, pode-se afirmar que a quantidade de carvão movimentada não está relacionada directamente com o número de navios, mas sim com a capacidade de transporte de carga que cada navio apresenta.

Quadro 5.6 - Movimentação total de navios no TMS, de acordo com o tipo de carga a transportar.

Ano	**Nº total de navios no TMS ***	**Movimento Carga Geral ***	**Movimento Navios Carvão ***	**% de navios de carvão**
2004	129	88	41	32
2005	203	156	47	23
2006	164	118	46	28
2007	175	136	39	22
2008	181	150	31	17

*Dados facultados pela PortSines

A variação da movimentação de navios no TMS apresenta-se irregular, como se pode observar pelo quadro 5.7. Do ano 2005 para o ano 2006 houve uma redução do número de navios que acostou no TMS.

Quadro 5.7 - Variação da movimentação de navios no TMS.

Período	Variação (%)
2004/2005	57
2005/2006	-19
2006/2007	6,7
2007/2008	3,4

O cais de descarga de carvão, cais 1A, está usualmente ocupado cerca de 31 % em média durante o período analisado, como visível no quadro 5.8. O total anual de ocupação do cais corresponde ao tempo de estadia que todos os navios permaneceram no cais, enquanto foram descarregados. Não foi possível analisar a ocupação do cais de navios que transportassem a mesma quantidade de carvão, porque nenhum dos navios que frequentou o TMS transportou a mesma quantidade de carvão. Porém, numa situação ideal, para a mesma quantidade de carvão importado, a percentagem de ocupação do cais devia ter um comportamento decrescente, o que indicava o aumento da eficiência na operação de descarga.

Quadro 5.8 - Ocupação do cais 1A ao longo dos últimos cinco anos.

Ano	Total de ocupação do cais (%)
2004	33
2005	32
2006	38
2007	29
2008	25

O terminal do carvão apresenta paragens, definidas no capítulo 2 nas suas actividades, e nos dias referidos também no mesmo capítulo. Pelo quadro 5.9 verifica-se que o ano em que o terminal sofreu mais paragens foi o ano de 2007, facto explicado por uma avaria na caixa redutora de um dos pórticos, pelo que o arranjo foi moroso, visto que foi necessária a encomenda de peças. Foi em 2006 que o terminal se manteve a operar durante mais horas, contudo, é neste ano que o total de paragens é menor.

Quadro 5.9 - Representatividade do total de paragens no TMS no tempo de operação de descarga.

Ano	Tempo de Operação (horas)	Total de paragens (%)
2004	2 922	10
2005	2 576	7,9
2006	3 409	6,1
2007	2 314	17
2008	1 878	7,1

As paragens durante a operação de descarga de carvão implicam um consumo de energia, que deve ser evitado. Estas paragens têm impacte na factura de energia do terminal (ver quadro 5.10).

Quadro 5.10 - Impacto das paragens na operação de descarga.

	Desaproveitamento		
Ano	**Energia (MWh)**	**Custo (€)**	**Emissões (tCO_2e)**
2004	3,2	259,6	1,5
2005	2,5	212,5	1,2
2006	2,4	223,2	1,1
2007	4,4	419,2	2,1
2008	1,8	194,4	0,9

5.1.3 Equipamentos consumidores de combustível

Para os equipamentos movidos a gasóleo os dados facultados apresentavam lacunas, isto porque de cada vez que um veículo é abastecido, a quantidade de gasóleo fornecida ao equipamento é registada manualmente pelos trabalhadores do terminal. Este registo não foi até agora feito com rigor. Por outro lado, existem alguns registos de abastecimentos em que o tempo de funcionamento da máquina não foi anotado, assim como a quantidade de combustível abastecida à maquinaria.

Há equipamentos que certas vezes foram abastecidos com quantidades de combustível diferentes: PC-001 – 165 L a 17 de Janeiro de 2004 e 4 L a 20 de Dezembro do mesmo ano.

Estes registos manifestam que até agora a utilização de combustível não tem sido efectuada de maneira racionalizada, nem registada de forma cuidadosa, segundo a PortSines devido à inoperacionalidade dos indicadores do nível de combustível que se observam com frequência nos diversos equipamentos.

Perante isto, e para se examinarem os equipamentos movidos a gasóleo os dados facultados foram trabalhados, por forma a obterem-se dados com registos completos, isto é, em que por cada abastecimento existem registos do combustível fornecido e do tempo de funcionamento do equipamento.

A análise relativamente ao combustível baseou-se unicamente nos registos do ano de 2007, porque através dos dados facultados, este é o único ano em que os registos se apresentam mais precisos, regulares e correctos do consumo de todos os equipamentos. Isto mostra que nesse ano a gestão teve uma preocupação especial com este ponto e que os indicadores do nível de combustível estavam a funcionar em condições aceitáveis para a realização de uma análise, como ficou aqui registada – facto que deveria ser mantido.

O gasóleo utilizado nos equipamentos movidos a combustível é o mesmo tipo de gasóleo utilizado numa viatura ligeira de passageiros. No ano de 2007, o equipamento que mais combustível consumiu foi a grua portuária Liebherr, ao contrário da BOBCAT que teve o menor consumo de todos os equipamentos.

Os locotractores (LT-001 e LT-002) vão alternando a sua actividade ao longo de um ano: seis meses o LT-001 e os restantes seis meses o LT-002. Porém, no ano de 2007 esta distribuição de trabalhos não foi uniformemente distribuída, tendo o LT-001 operado o dobro relativamente ao LT-002.

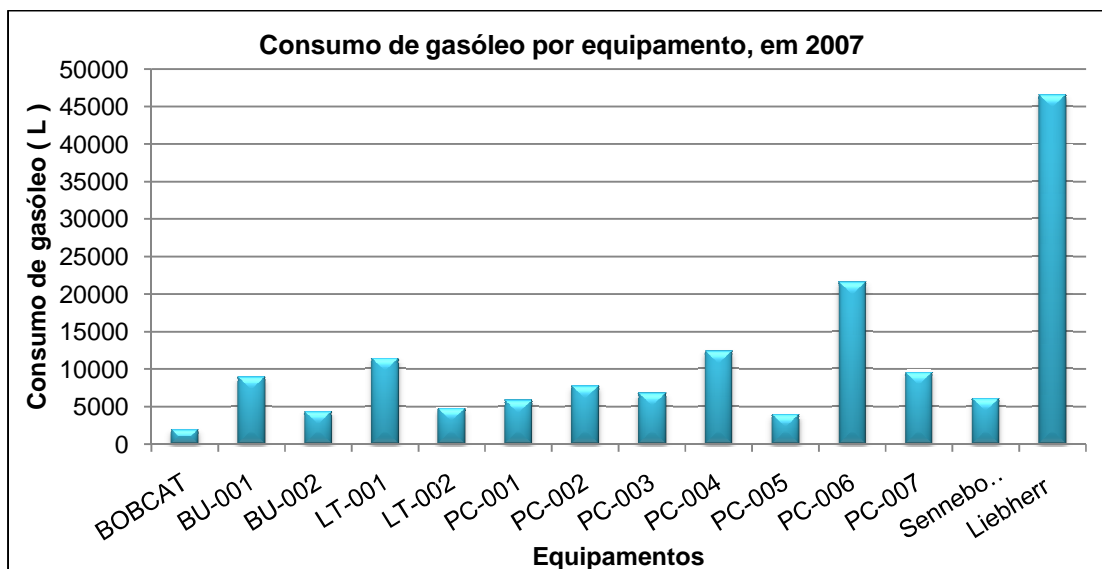



Figura 5.8 - Análise do consumo de gasóleo em 2007.

Não é possível fazer uma comparação do consumo de combustível de gasóleo entre todos os equipamentos, porque as especificidades de cada equipamento (motor, função, peso

operacional) são diferentes. Desta forma, analisou-se o consumo de gasóleo, no espaço de um mês, para os equipamentos que apresentam as mesmas características.

- PC 001 e PC-002:

No mês de Junho de 2007, o equipamento PC-001 funcionou mais 94 horas que o PC-002 e consumiu menos 67 litros. Perante isto, pode-se afirmar que o equipamento PC-002 precisa de uma manutenção mais pormenorizada para se perceber a razão desta discrepância entre os consumos destes equipamentos.

Quadro 5.11 - Análise do funcionamento dos equipamentos PC-001 e PC-002, no mês de Junho de 2007.

	PC-001	PC-002
Tempo de operação (horas)	140	46
Consumo (L)	458	525

- PC-003 e PC-004

Pelo quadro abaixo, no mês de Fevereiro de 2007, verifica-se que para o mesmo tipo de equipamentos deu-se mais utilidade ao PC-003 do que ao PC-004 e assim sendo o PC-003 consumiu mais gasóleo que o PC-004.

Quadro 5.12 - Análise do funcionamento dos equipamentos PC-003 e PC-004, no mês de Fevereiro de 2007.

	PC-003	PC-004
Tempo de operação (horas)	130	22
Consumo (L)	540	276

5.2 Emissões

- Electricidade

Verifica-se que o ano de 2006 foi aquele em que o TMS emitiu mais gases GEE. Este facto é explicado por ter ocorrido neste ano a importação de maior quantidade de carvão de todo o período objecto deste trabalho (2004-2008), pelo que o consumo de energia eléctrica aumentou e consequentemente as emissões foram mais elevadas.

Quadro 5.13 - Emissões indirectas de electricidade nos últimos cinco anos.

Ano	**Emissões GEE (tCO_2e)**
2004	2 583
2005	2 549
2006	2 803
2007	2 348
2008	2 014

- Combustível

As emissões determinadas para os equipamentos movidos a combustível apresentam muitas diferenças entre o mesmo tipo de equipamentos (ver quadro 5.14). Muitas vezes alguns equipamentos são utilizados com mais frequência que outros independentemente do estado em que o equipamentos se encontra, mas sim devido à preferência que os operários têm por determinada máquina.

Quadro 5.14 - Emissões directas de GEE e GEA, para o ano de 2007.

Equipamento	**Emissões GEE (tCO_2e)**	**Emissões GEA**	
		SO_2 (kg)	**NO_x (kg)**
BOBCAT	5,3	0,14	40,08
BU-001	24	0,65	183,25
BU-002	12	0,32	89,51
LT-001	31	0,83	234,13
LT-002	13	0,35	97,59
PC-001	16	0,42	119,29
PC-002	21	0,56	158,64
PC-003	18	0,50	139,16
PC-004	33	0,90	254,27
PC-005	11	0,29	81,23
PC-006	58	1,57	441,98
PC-007	26	0,70	196,03
Sennebogen	16	0,44	124,75
Liebherr	125	3,39	952,02

As emissões determinadas de gases com efeitos acidificantes demonstram que as emissões de óxidos de azoto são muito superiores às emissões de dióxidos de enxofre porque:

- as emissões de SO_2 estão apenas dependentes do teor de enxofre presente no gasóleo,

- as emissões de NO_x variam de acordo com a temperatura de combustão que ocorre para cada equipamento. (Com. Pessoal [Prof. Dr. Francisco Ferreira])

5.3 Indicadores

- <u>Energia gasta por tonelada descarregada</u>

Existe uma relação directa entre o consumo de energia e as toneladas descarregadas no TMS no período de 2004 a 2008, isto é, quanto maior o número de toneladas de carvão descarregado, maior é o consumo de energia, como é compreensível. Este facto é comprovado através da regressão linear apresentada na figura 5.9, em que o coeficiente de correlação linear (R^2) demonstra a qualidade (bom ajuste) entre as duas variáveis. Podemos portanto concluir e dizer, como seria de esperar: "o consumo de energia é directamente proporcional à quantidade de carvão descarregado".

Durante o período de 2004 a 2008, por cada tonelada descarregada de carvão consumiu-se em média 0,67 kWh.

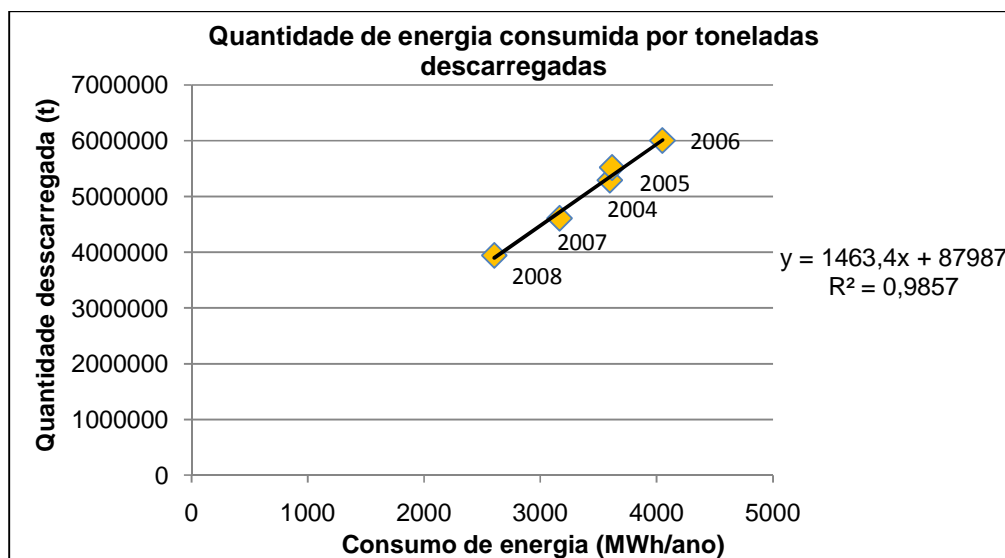



Figura 5.9 -Verificação da relação entre o consumo de energia por cada tonelada de carvão descarregada.

➢ Custo dispendido por tonelada descarregada

A variação do custo de energia eléctrica por cada tonelada descarregada entre o ano de 2004 e 2008 registou o maior valor no ano de 2008.

Os valores apresentados no quadro 5.15 variam com a movimentação de carvão, assim como a utilização de equipamentos eléctricos ter maior ou menor ocorrência nos períodos mais caros (“horas de ponta”).

Quadro 5.15 - Evolução do custo associado a cada tonelada de carvão descarregada.

Ano	€/t
2004	0,08
2005	0,08
2006	0,09
2007	0,11
2008	0,12

➢ Tonelada por hora

A quantidade de toneladas descarregadas por hora variou no período analisado. Isto pode justificar-se pela experiência e consequente maior rapidez de manobra (ou não) do operador que manuseia o balde para retirar o carvão do navio; pelas paragens que se registaram ou por avaria, por manutenção, ou mudança de turno dos trabalhadores. Isto encontra-se reflectido no quadro abaixo, relativo ao processo de descarga.

Quadro 5.16 - Quantidade de carvão movimentada no terminal, por hora, para cada ano analisado. (Adaptado dos dados facultados pela PortSines)

Ano	t/h
2004	2 095,75
2005	2 453,01
2006	2 217,25
2007	2 525,97
2008	2 349,27
Média	2 328,25

➢ Energia consumida por euro facturado na operação de descarga de carvão

A tarifa mais elevada foi registada no último ano, 2008, porém, e considerando as outras variáveis utilizadas para o cálculo deste indicador, foi no ano de 2006 que se consumiu menos energia por cada euro facturado (quadro 5.17)

Quadro 5.17 – Dados utilizados no cálculo do indicador energia consumida por euro facturado e evolução do indicador no período considerado.

Ano	Tarifa (€/t)*	Facturação (€)	Energia consumida (MWh)	Energia consumida por euro facturado pela PortSines (kWh/€)
2004	2,68	14 179 426,17	5 496	0,39
2005	2,74	15 124 950,70	5 424	0,36
2006	2,80	16 809 357,60	5 964	0,35
2007	2,88	13 273 456,32	4 996	0,38
2008	2,94	11 595 595,20	4 285	0,37

*Dados facultados pela PortSines

➢ Consumo de combustível para a movimentação de madeira

Observações a destacar pelo quadro que se segue:

- Foi no ano de 2004 que mais madeira foi movimentada, porém, no que se refere ao consumo de combustível por tonelada movimentada, o ano de 2004 aparece na terceira posição (em primeiro lugar está o ano de 2008 com 0,35 L/t, seguindo-se do ano 2007 com 0,35 L/t). Desta forma, é possível afirmar que para menores quantidades de madeira movimentada, e apesar desse decréscimo, o consumo do equipamento é maior.
- A movimentação da madeira tem vindo a decrescer no TMS.

Quadro 5.18 - Análise do comportamento da Sennebogen para diferentes quantidades de madeira movimentada.

	Unidades	2004	2005	2006	2007	2008
Movimentação Madeira *	**t**	44 596	26 193	34 158	18 259	6 466
Indicador	**L/t**	0,30	0,28	0,24	0,33	0,35
Indicador	**t/h**	59,22	51,97	65,94	43,16	40,41

*Dados facultados pela PortSines

➢ Energia consumida por cada metro de transportador

Pela análise da Figura 5.11 é possível verificar que os transportadores que mais energia consomem são aqueles que apresentam um comprimento maior. Porém, ao determinar a quantidade de energia dispendida por cada metro de transportador, os resultados vão ser ligeiramente diferentes.

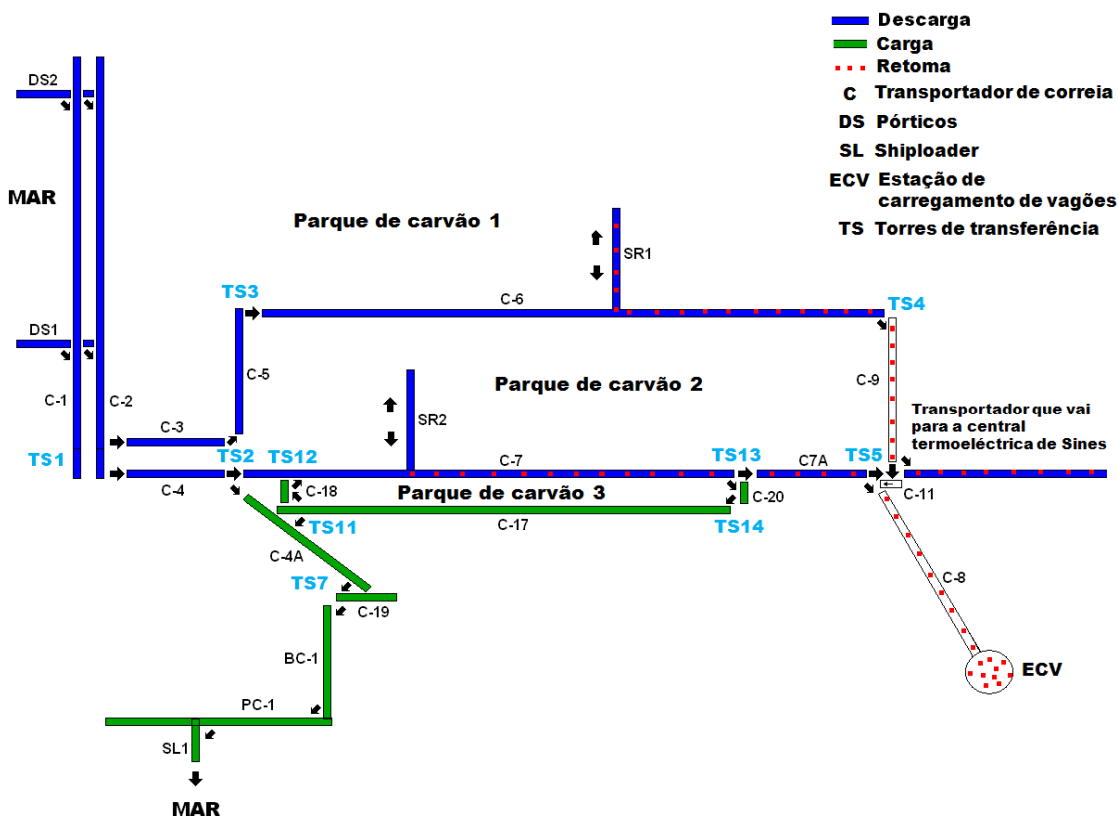



Figura 5.10 – Diferentes itinerários do carvão no TMS e representação dos transportadores.

O transportador C8 continua a fazer parte do grupo dos transportadores que além de consumirem mais energia, também é o que consome mais energia por cada metro percorrido. De seguida apresentam-se o transportador C7A e o C4. Este facto pode ser justificado por uma maior inclinação dos transportadores face à horizontal, mas também à maior altura que o transportador adquire, ao alcançar as torres de transferência. O C7A e o C4 apresentam estes valores porque encontram-se sobredimensionados: houve o reaproveitamento de motorizações, segundo a PortSines.

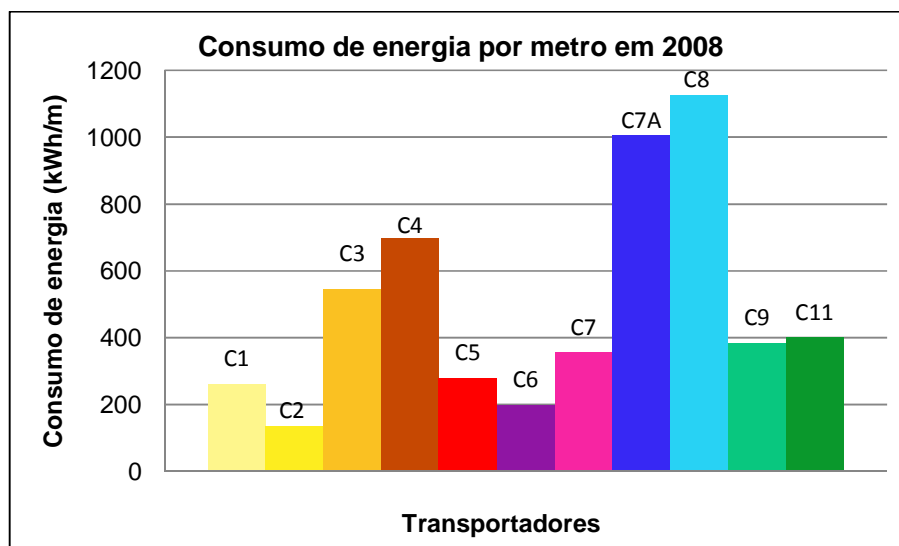



Figura 5.11 - Consumo de energia nos transportadores por metro percorrido, em 2008.

5.4 Oportunidades de melhoria

5.4.1 Operação

- Descarga

Através dos resultados apresentados verificou-se que o processo de descarga é o que mais contribui para a factura de energia do terminal. O percurso do carvão dentro do terminal já se encontra optimizado, não se podendo, por isso, alterar, reduzir ou aperfeiçoar o trajecto do carvão no terminal, enquanto este está a ser descarregado.

- Retoma

Não é possível quantificar a contribuição deste processo na factura do terminal, pois os dados facultados não o permitiram, porém, e como analisado no capítulo dos resultados, este processo é francamente mais eficiente quando se efectua a retoma de carvão a 1 400 t/h do que com 800 t/h. Assim, a operação de retoma deve ser realizada sempre com a quantidade máxima de carvão que a *stacker-reclaimer* consegue levar até aos transportadores de correia. Para tornar o caudal mais regular a PortSines instalou uma tremonha na TS5, para que o caudal de carvão a ir para a central termoeléctrica de Sines / Pego, fosse constante /uniforme.

- Carga

Como referido anteriormente, este processo não foi incluído no tratamento de dados, devido à inexistência de informação facultada, pelo que nada se pode propor.

As operações realizadas no terminal estão fortemente dependentes dos equipamentos utilizados para a execução das mesmas. É difícil propor melhorias nos processos

desenvolvidos no TMS, sem ter em consideração os equipamentos que estão por detrás de toda a operação.

Assim, apresentam-se de seguida algumas sugestões para a optimização de utilização e melhor eficácia dos equipamentos consumidores de energia eléctrica.

5.4.2 Equipamentos eléctricos

A instalação de contadores encontra-se em fase de implementação no TMS para os seguintes equipamentos: pórticos (1 e 2), *stacker-reclaimer* (1 e 2) e *shiploader* de forma a contabilizar a energia em cada operação. Estes contadores estão ligados em permanência e a PortSines define qual é período de contagem na base de dados, em que devem ficar registados os consumos num dado intervalo de tempo.

Para os contadores a serem instalados, propõe-se que o período a monitorizar seja rotineiro, isto é, que os contadores estejam a funcionar em permanência, mas que os dados relativos ao consumo sejam sempre registados de cada vez que uma operação se inicia, sendo no fim da mesma operação registados os dados de leitura (energia consumida, potência utilizada, intensidade da corrente), data, e duração da operação. Nesta fase de implementação, os contadores deverão ser instalados sem a presença de navios acostados no terminal, e simultaneamente durante o período em que não estejam os equipamentos eléctricos a funcionar, evitando assim eventuais interrupções do fornecimento de energia, que podem prejudicar a actividade usual em tempo de trabalho.

Visto que o terminal apresenta um consumo intensivo de energia eléctrica aconselha-se a avaliar a instalação de contadores individuais para os transportadores de correia, pois os dados obtidos pelos contadores que estão a ser instalados não poderão quantificar a energia real consumida por estes durante cada operação. Por outro lado e considerando o facto de os transportadores serem o principal consumidor de electricidade, a prioridade deverá recair sobre estes equipamentos.

O preço dos contadores de energia que estão a ser instalados para os outros equipamentos variam entre os 170 € e os 514 €. Desta forma, assumiu-se que o preço de um contador a instalar para os transportadores adquire o valor mais alto, 514 € (preço unitário). Desta forma, se se instalarem contadores para os transportadores que foram analisados na Figura 5.11, o investimento total estimado será de 5 654 €. Para estimar o potencial de poupança induzida consideraram-se três cenários e diferentes quantidades de energia que poderão ser poupadas ao serem tomadas medidas para melhorar a eficiência energética do TMS. Com base na melhor informação disponível o objectivo desta análise é verificar o tempo em que o

investimento em contadores será pago, tendo em conta que as poupanças de energia indicadas no Quadro 5.19 são apenas uma simulação.

Quadro 5.19 - Simulação do investimento em contadores, considerando diferentes cenários de poupança de energia.

Cenários	Investimento (€)	Poupança de energia (%)	Poupança de energia (MWh)	Período de retorno (anos)
1	5 654	0,5	64	0,8
2		1,0	42	1,2
3		1,5	21	2,4

Nesta fase de implementação, deve considerar-se a avaliação das possibilidades de melhoria da eficiência energética na área monitorizada pelo contador, pois caso não se detecte um eventual potencial de economias será difícil, em princípio, justificar economicamente a instalação do aparelho de medida.

- Pórticos

Apesar dos pórticos serem o segundo maior consumidor de energia (em primeiro lugar estão os transportadores de correia), estes foram projectados de acordo com a dimensão dos transportadores de correia, pelo que não se justifica substituir os pórticos caso não se substituam os transportadores. (Comunicação pessoal [Eng. Francisco Mocho]). Acresce que o investimento que envolve a substituição dos pórticos é extremamente elevado, mas neste estudo não é possível quantificar o mesmo, pois não se obteve nenhuma resposta por parte do fabricante deste equipamento. (Vulkan-Kocks).

- Transportadores

Considerando o elevado consumo dos transportadores, que se reflecte de forma considerável nas facturas do TMS, seria importante conhecer o comportamento destes equipamentos nas diferentes operações portuárias, por forma a detectar eventuais anomalias no funcionamento dos mesmos, pelo que a entidade auditada deverá analisar a instalação de contadores de energia eléctrica.

Pensou-se em instalar VEV para os transportadores de correia e também em analisar uma eventual substituição dos motores existentes, por motores de alto rendimento.

- *Variadores electrónicos de velocidade*

Apesar dos VEV permitirem uma redução do consumo de energia eléctrica, no caso em concreto, e considerando que os transportadores têm uma velocidade fixa, é impossível

instalar VEV exclusivamente para os transportadores que mais energia consomem, visto que isso iria dificultar as operações, nomeadamente:

- Transbordo de carvão (caso o percurso fosse de um transportador com maior velocidade para um transportador que trabalhasse a velocidades inferiores) ou;

- Tapete vazio: caso o percurso do carvão se processasse de um transportador muito lento para um mais rápido (iriam existir "espaços livres" sem carvão, no transportador que funciona mais rápido).

Segundo a ABB em ambas as situações iria haver desperdícios. Perante isto, seria necessário dimensionar uma instalação completa de VEV, pelo que a cada transportador estaria ligado um VEV.

Segundo a Siemens, para o estudo em causa, a optimização do sistema será sempre uma mais-valia, apesar da poupança de energia não ser muita, visto que os transportadores têm uma velocidade constante.

A energia poupada é difícil de estimar, pelo motivo da aplicação em questão ser uma aplicação desconhecida. Apesar disto, a Siemens analisou os dados que foram facultados sobre as características dos transportadores existentes e sugeriu para cada transportador de correia um VEV a aplicar, do tipo SINAMICS S 150 (consultar apêndice VIII), sendo que o investimento total é de 300 985 €. (Não foram facultados dados sobre o preço individual de cada VEV. Para saber as características gerais do SINAMICS deverá ser consultado o seguinte endereço electrónico: https://www.automation.siemens.com/ld/ac-umrichter-low/html_76/sinamics-s150/kataloge.html).

Segundo a SEW-EURODRIVE, não é possível efectuar uma previsão decorrente da instalação dos conversores de frequência nos transportadores de correia do TMS visto que a margem de erro associada é elevada, por existirem diversas variações de carga ao longo do funcionamento normal do accionamento. Neste tipo de situações, a situação ideal que permitiria reduzir a referida margem de erro, para quantificar a redução energética e respectivo período de retorno, seria a SEW EURODRIVE efectuar uma medição da potência activa 48 horas antes da instalação do equipamento, e 48 horas depois da instalação do mesmo. Assim, e só após a recolha desta informação é que a SEW EURODRIVE poderia realizar um estudo no qual seria estimada a redução anual prevista para a aplicação de VEV.

Os conversores de frequência da SEW-EURODRIVE têm uma função “Função Economia de Energia” que permite obter poupanças de energias significativas (impossíveis de determinar neste caso). Ao usar a função economia de energia o motor terá um elevado grau de eficiência

em toda velocidade e portanto, a eficiência energética dos motores obtêm um resultado óptimo. A combinação de motor de alto rendimento e a função economia de energia, quando utilizados em simultâneo, proporcionam elevada poupança energética.

De acordo com as duas empresas, Siemens e SEW EURODRIVE, só com medições “in loco” é que se pode realizar um estudo de viabilidade económica e de energia para a implementação de VEV.

- *Substituição de motores*

A eficiência determinada para cada motor encontra-se no Quadro 5.20.

Quadro 5.20 – Eficiência dos motores dos transportadores de correia.

Transportador de correia	**Eficiência do motor (%)**	**Eficiência utilizada (%)**
C1	94,7	92,7
C2	95,6	93,6
C3	93,4	91,4
C4	95,6	93,6
C5	95,6	93,6
C6	96,4	94,4
C7	96,4	94,4
C7A	94,7	92,7
C8	97,6	95,6
C9	93,4	91,4
C11	92,5	90,5

O resultado relativo à percentagem de tempo que cada transportador se encontra a funcionar para diferentes cargas da potência máxima (*relative load*) está exemplificado na Figura 5.12.

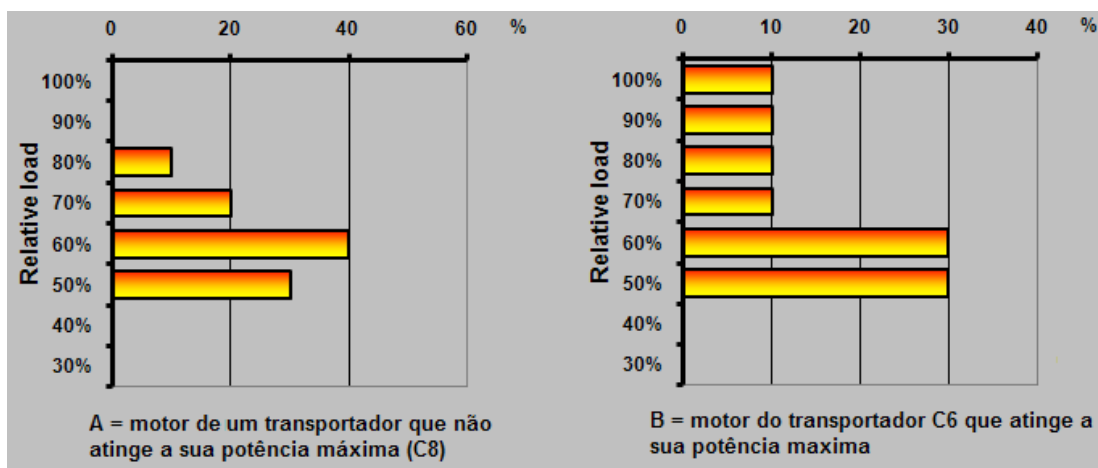



Figura 5.12 - Representação de um dos passos realizados no EffSave.

Como se verifica pela Figura 5.12 só os transportadores C6 e C7 é que se encontram a funcionar na sua potência máxima (como representado em B, relativo ao motor do transportador C6). Os restantes motores não atingem a sua potência máxima (como representado em A, exemplo do motor dum outro transportador, C8, que não atinge a sua potência máxima). A percentagem do tempo e o regime em que cada motor trabalha foram dados por estimativa resultante de observações pontuais das "gavetas", efectuadas pela PortSines.

Para toda a gama de motores do TMS, o resultado da poupança de energia anual que se iria verificar apresentou valores entre 2 - 10 MWh. Este valor é irrisório quando comparado com o consumo de energia eléctrica existente.

Foram determinados os períodos de retorno resultantes da introdução dos dados relativos a cada motor e verificou-se que a poupança de energia não compensa o investimento, pelo que não existe viabilidade económica para se substituírem os motores existentes por motores de alto rendimento.

O novo motor escolhido iria operar no mesmo regime que o motor actual porque a sua utilização iria depender apenas da carga que estamos a accionar. O software utilizado compara sempre o motor actual com o novo, como se o motor existente tivesse uma duração ilimitada e um rendimento fixo ao longo do tempo, visto que para o cálculo da eficiência dos motores foram utilizados os dados que se encontravam na chapa do motor. Não foi possível utilizar os dados que foram medidos na subestação eléctrica para cada motor (nomeadamente, a intensidade da corrente), enquanto estes funcionam durante uma operação, porque os valores das intensidades lidos ao serem utilizados para se determinar a eficiência de cada motor, não correspondem à tensão tabelada na chapa de cada motor.

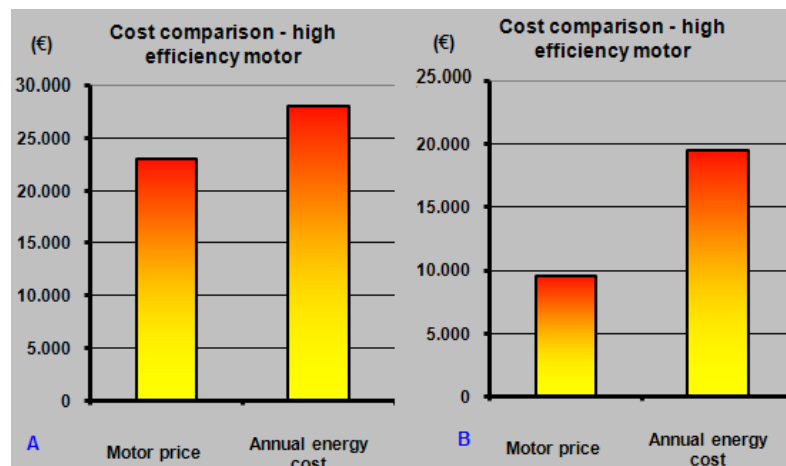



Figura 5.13 - Comparação do preço do motor da ABB com o custo de energia associado ao seu funcionamento. A) Exemplo do cálculo para C6. B) Exemplo do cálculo para C8.

Perante isto e considerando que a poupança de energia apresentada pelo software da ABB não é significativa, poder-se-á afirmar que a substituição dos motores existentes por motores de alto rendimento não é uma solução atraente do ponto de vista económico.

Como a maior percentagem do tempo de actividade é em regimes de carga que rondam os 60 %, se a PortSines fizer medições da potência instantânea consumida real, e verificar que nunca precisa de usar os motores a 100 % da sua potência mecânica, poderá optar por um motor de menor potência. A razão para o sobredimensionamento dos motores deve-se ao facto de muitas vezes não se saber com rigor, qual vai ser a carga que o motor vai ter de vencer durante o seu funcionamento. Para verificar se tal acontece, sugere-se que a PortSines realize um estudo relativo ao sobredimensionamento dos motores existentes. Segundo Gaspar (2004), caso se verifique que o sobredimensionamento é superior a 30 %, resultam consumos extra de energia eléctrica e consequentemente maiores custos do funcionamento da instalação, associados à degradação do motor.

- *Arrancadores suaves*

A utilização deste dispositivo permite ajustar o consumo do motor à carga, em cada instante controlando as correntes de arranque e o binário ou torque de um motor. O binário de um motor é a força de atracção entre os pólos girantes do estator e o rotor na periferia deste e o raio do rotor. (TEVES, 1999)

Isto resulta numa menor pressão sobre as engrenagens, ou seja, maior durabilidade nas caixas redutoras, durante o início/fim do arranque do motor. Desta forma, a manutenção do motor será reduzida a um custo mínimo (não é possível quantificar neste trabalho, o custo associado

à manutenção porque não existem dados sobre os custos de manutenção actualmente praticados no TMS).

Além de menores necessidades de manutenção e reparação dos motores, existem ainda outras vantagens, como exemplificado no quadro que se segue.

Quadro 5.21 – Vantagens associadas à implementação de soft-starters.

Arranque / Paragem suave
Redução de impactos mecânicos
Poupança de energia
Evitam-se os picos de corrente
Corrente de arranque limitada
Menos paragens de produção

O soft-starter recomendado pela ABB é o PST/PSTB, porque tem melhores características de controlo e protecção do motor. Outra característica deste arrancador suave é que após o arranque suave liga directamente o motor à rede sem passar pela electrónica de potência do aparelho, reduzindo bastante as perdas por efeito de Joule que provoca aquecimento.

O preço de cada soft-starter varia consoante a potência do motor existente. Assim, para cada motor do terminal o preço está representado no quadro que se segue.

Quadro 5.22 – Preço unitário do arrancador suave para cada transportador.

Identificação do motor do transportador	Potência do motor (kW)	Preço unitário de cada soft-starter ABB (€)
C1, C7A	132	3 422
C2, C3, C4, C5, C9	110	3 353
C6, C7, C8	220	5 168
C11	30	1 481

Propõe-se que a entidade auditada numa primeira fase invista na implementação de soft-starter apenas para os principais motores de transportadores de correia que mais energia consomem (C6, C7 e C8), pelo que o investimento desta medida é de 15 504 €. Deverá também ser analisada a poupança de energia associada a esta medida e, posteriormente, deverá ser estudada a hipótese de se instalar este dispositivo para os restantes motores.

- Stacker-Reclaimer

Uma boa prática a realizar durante o processo de empilhamento, para que o consumo de energia seja minimizado, é que a lança se encontre mais próxima do solo e vá aumentando a sua distância relativamente ao solo conforme a pilha de carvão fique maior. O operador da

stacker-reclaimer ao adoptar este comportamento fará com que a lança esteja em menor esforço, no entanto esta medida não pode ser quantificada, visto que não existem dados para tal. Com a actual instalação de contadores esta medida deverá ser estudada e implantada, se tal se comprovar justificado.

➢ Iluminação Exterior

A Philips apresenta diversas soluções para a iluminação pública, consoante o tipo de espaço a iluminar. Os tipos de iluminação exterior que a Philips propõe têm como propósito permitir que as tarefas sejam executadas de modo eficiente e seguro. O terminal multipurpose é uma área diversificada no que respeita à iluminação exterior: iluminação de parque de estacionamento, iluminação rodoviária (para a circulação de viaturas) e ainda iluminação existente para as actividades a realizar em pontos específicos.

Desta forma, a Philips apresenta 3 soluções para o terminal multipurpose em Sines:

- *Telegestão*: este mecanismo visa o controlo e monitorização de todas as luminárias existentes através da comunicação da rede. Este sistema funciona remotamente através da Web, onde o cliente acede a uma página e através desta transmite a ordem para as condições que quer estipular para cada luminária. Para a implementação deste sistema é necessário: um terminal (PC) remoto; um (ou vários) controlador(es) de segmento(s) aplicado ao(s) posto(s) de transformação existente(s); um balastro electrónico regulável e um elemento de comunicação (OLC) em cada luminária. Este mecanismo permite:

1. Controlar a intensidade das lâmpadas de acordo com as necessidades requeridas – por programação ou por ordem directa;
2. Controlar quais as lâmpadas que estão acesas e quais estão desligadas, em função das actividades que estão a ser desenvolvidas no momento e,
3. Disponibilizar o estado em que as lâmpadas se encontram, isto é, permite saber se uma lâmpada ou balastro necessita de substituição e quando irá precisar desta substituição (permite optimizar a manutenção sistemática).

Visto que este mecanismo apresenta um custo bastante elevado, cerca de 500 € por cada luminária somando 10 000 € do sistema de controlo, esta hipótese foi posta de lado pela autora deste trabalho.

- *Luminárias de duplo nível*, isto é, existe um mecanismo temporizador ligado ao balastro (electrónico ou ferromagnético) que permite controlar se se quer a lâmpada na sua potência máxima (a 100 %) durante determinado tempo ou se se quer a lâmpada a metade da sua potência (50 %) no restante período de tempo nocturno. Este mecanismo permite através

de um temporizador programável, definir quanto tempo se quer a luminária a 100 % e quanto tempo a 50 %. Mediante este tempo estar-se-á a reduzir a potência consumida (até um limite de 50 %). Para o caso em concreto, a autora deste trabalho não recomenda a implementação deste mecanismo, visto que muitas vezes ocorrem operações de movimentação de granéis sólidos durante a noite, pelo que ter a luminária a funcionar a 50 % da sua potência não é uma opção.

- *Lâmpadas Cosmopolis*, caracterizadas por emitirem um feixe de luz branca com um Índice de Restituição de Cores (IRC) de 70 com uma eficácia de 120 Lúmens/W, o que apresenta a vantagem de reproduzir as cores de forma óptima, facilitando a distinção dos objectos, permitindo a visibilidade fora da periferia, pelo que se consegue detectar objectos fora do ângulo de visão, no período nocturno.

A Philips aconselha que para o terminal multipurpose sejam instaladas lâmpadas Cosmopolis para as áreas em que foram realizadas as medições. Se mais tarde a entidade objecto da auditoria decidir, poderá instalar esta tecnologia nas restantes áreas, ou até implementar o sistema de telegestão, quando for oportuno financeiramente. Por enquanto, as poupanças associadas ao instalar-se esta lâmpada encontram-se determinadas conforme o Quadro 5.23.

A Cosmopolis aconselhada pela PHILIPS é uma luminária que possui uma lâmpada de 140 W com balastro (consumo do balastro é de 9 W). Ver as características gerais da luminária no apêndice VII (quadro VII.2), para mais pormenores consultar o site da Philips www.philips.pt/iluminacao).

Quadro 5.23 – Análise da substituição das luminárias existentes, de vapor de sódio, pelas Cosmopolis.

		Via 1	Via 2	Via 3	Total
Quantidade de lâmpadas		11	34	10	-
Consumo Actual (MWh/ano)		15,1	46,5	13,7	74,3
Consumo solução apresentada (MWh/ano)		7,0	26,1	6,4	39,5
Preço unitário (€)		350	350	350	-
Investimento (€)		3 850	11 900	3 500	19 250
Poupança	**Energia (MWh/ano)**	8,0	20,5	7,3	35,8
	Monetária (€/ano)	864	2 214	788	3 866
	Emissões (tCO_2e/ano)	3,8	9,6	3,4	16,8
Período de retorno (anos)		4,4	5,3	4,4	-

Substituindo a iluminação actual pela solução apresentada, a PortSines conseguirá poupar 16,75 % na sua factura energética referente ao sector da iluminação exterior, o que se traduz em 19 224,8 €.

Figura 5.14 - Cosmopolis da Philips com balastro electrónico.

Segundo a EuroSolution, o investimento na substituição da iluminação existente por candeeiros solares só se justifica em locais onde ainda não existam infra-estruturas e portanto eliminando através deste sistema a necessidade de criar infra-estruturas, ou então instalando o sistema em locais em que a energia não esteja disponível e o investimento no ramal seja um custo a considerar. Justifica-se ainda em países onde a distribuição de energia seja muito deficiente o que não é o caso de Portugal.

Porém, e considerando que caso o TMS pense em adoptar um candeeiro solar, os custos a investir nesta tecnologia é aproximadamente de 4 500 € para uma luminária de 8 m. A acrescentar ainda que, como se trata de um candeeiro completo, e em virtude das potências envolvidas, exigirá um número significativo de painéis solares e baterias (por exemplo), encarecendo o preço indicado.

Atendendo ao valor indicado pela EuroSolution analisou-se esta solução para todas as luminárias de 8 m existentes no TMS, onde estão incluídas as três vias principais (Quadro 5.24).

Não foram facultados dados relativamente à solução de candeeiros solares para as luminárias de 12 m, nem para os holofotes existentes no TMS.

Quadro 5.24 - Análise da substituição das luminárias de 8 m por candeeiros solares.

		Luminárias de 8 m
Quantidade de lâmpadas		76
Consumo Actual (MWh/ano)		104
Consumo solução apresentada (kWh/ano)		0
Preço unitário (€)		4 500
Investimento (€)		342 000
Poupança	**Energia (MWh/ano)**	104
	Monetária (€/ano)	11 234,7
	Emissões (tCO_2e/ano)	48,9
Período de retorno (anos)		30,4

A implementação de candeeiros solares para a iluminação exterior, referente às luminárias de 8 m implica que o consumo de energia eléctrica seja reduzido para zero.

Comparando a medida da PHILIPS com a da EuroSolution, sugere-se que a entidade decida pela opção que mais lhe convém financeiramente.

- Iluminação Equipamentos

Para a iluminação dos equipamentos a solução encontrada foi a substituição das lâmpadas actuais por LED (*Lighting Emitting Diode* - diodo emissor de luz). Além destas possuírem um tempo de vida útil superior a 50 000 horas, a sua aplicabilidade para as actividades a desenvolver não influencia o desempenho, nem afecta as condições de iluminação.

Assim, o TMS poderá eliminar a utilização das lâmpadas actuais, passando a ter lâmpadas do tipo LED. A seguir apresentam-se duas soluções, consoante a potência da lâmpada existente.

Quadro 5.25 – Identificação das lâmpadas existentes e das lâmpadas a instalar.

Solução	Lâmpada Actual	Quantidade	Lâmpada Nova
1	250 W	46	50 W
2	36 W	301	18 W

Cada lâmpada de 50 W apresentará a cor branca, com um fluxo luminoso de 3 750 lúmens, sendo o seu ângulo de luz 130º.

Figura 5.15 - Representação da LED de 50 W a substituir.

Quanto às lâmpadas fluorescentes de 36 W estas deverão substituídas por LED tubulares de 18 W, 120 cm de comprimento e 1 200 lúmens.

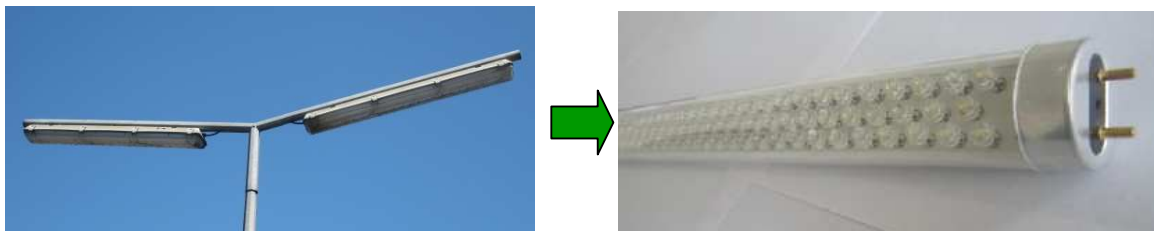



Figura 5.16 - Representação da situação existente e da LED tubular de 18 W a substituir no TMS.

A proposta relativa à modificação da iluminação exterior por outra ambientalmente mais eficiente encontra-se descrita no Quadro 5.26.

Quadro 5.26 - Análise da substituição das lâmpadas existentes de vapor de sódio por LED.

		Solução 1	Solução 2	Total
Quantidade de lâmpadas		46	301	-
Consumo actual (MWh/ano)		62,9	59,3	122,3
Consumo solução apresentada (MWh/ano)		10,1	23,7	33,8
Preço unitário (€)		527	62,3	-
Investimento (€)		24 242,00	18 752,3	42 994,30
Poupança	**Energia (MWh/ano)**	52,9	35,6	88,5
	Monetária (€/ano)	5 711,96	3 844,4	9 556,5
	Emissões (tCO_2e/ano)	24,9	16,7	41,6
Período de retorno (anos)		4,2	4,9	-

Para o caso das lâmpadas novas de 50 W existirá um diferencial de poupança de 84 % no peso da factura a pagar, estimado em cerca de 5 711,96 €, sendo que o custo mensal investido traduz-se em 476,00 €. Para as lâmpadas de 18 W o diferencial de poupança será de 60 % e o custo mensal a investir será de 320,37 €.

➢ Águas Quentes Sanitárias:

O sistema solar térmico a instalar deverá ter as características apresentadas pelo quadro que se segue, considerando o pressuposto que apenas 8 trabalhadores usufruem dos balneários em cada dia. Esta proposta foi dimensionada considerando que mais dois trabalhadores poderão usufruir dos balneários.

Figura 5.17 - Acumulador IBS 500 colector solar IS PRO 2H.

Quadro 5.27 - Características do sistema solar térmico a implementar.

Campo de colectores	Depósito	Tubagens
Modelo: IMMOSOLAR IS PRO 2H	Modelo: IMMOSOLAR IBS 500	Comprimento total: 70,0 m
Tipo: Plano	Volume: 500 l	Percurso no exterior: 17,5 m com protecção mecânica
3 Colectores	Área externa: 6,91 m^2	Diâmetro interno: 37,0 mm
Área total colectores: 6 m^2	Material: médio condutor de calor	Espessura do tubo metálico: 3,0 mm
Inclinação 48° - Azimute Sul	Posição vertical	Espessura do isolamento: 36,0 mm
Rendimento óptico: 75,8 %	Deflectores interiores	Condutividade térmica do metal: 380 W/m/K
-	Coeficiente de perdas térmicas: 5,02 W/K	Condutividade térmica do isolamento: 0,030 W/m/K

- ✓ Energia de apoio: 1,8 kW
- ✓ Potência: 4,2 kW

Considerando a implementação do sistema solar térmico apresentado pela K-Solar, cerca de 56 % das necessidades para aquecimento de AQS advirá de energia renovável (ver quadro abaixo).

Quadro 5.28 - Valores anuais determinados para a análise energética.

		Unidades
Necessidades Energéticas	7,7	MWh/ano
Energia Fornecida pelo Sistema Solar Térmico	4,3	MWh/ano
Energia Fornecida pela Energia de Apoio (Electricidade)	3,4	MWh/ano
Fracção Solar (%)	55,9	%
Produtividade	0,7	MWh/[m^2 colector]
Rendimento anual global do sistema	39,0	%

A implementação de painéis solares térmicos permite reduzir o consumo de energia eléctrica para aquecimento das AQS, visto que para o caso considerado, 55,9 % desta energia é renovável. Por outro lado, os benefícios ambientais traduzem-se na redução de emissões atmosférica no valor de 1,8 tCO_2e.

O orçamento para a implementação do sistema solar térmico é de 5 800 €. Este preço corresponde a 3 800 € (preço do equipamento) somando ainda 2 000 € do custo da instalação, e acrescendo o IVA à taxa legal em vigor). O preço pelo custo de instalação poderá ser reajustado, após deslocação da K-Solar ao local, aquando o conhecimento “in loco” das condições actuais existentes para proposta concreta de instalação dos painéis solares térmicos.

O período de retorno determinado para recuperação do investimento é de 14,4 anos.

5.4.3 Equipamentos consumidores de combustível

A Caterpillar, Barloworld STET deu a conhecer que tem vindo a desenvolver uma tecnologia “Advanced Combustion Exhaust Reduction Techonology” (ACERT), que visa a diminuição dos gases de escape resultantes das actividades dos motores a diesel. Esta tecnologia foi introduzida devido às restrições impostas pela EPA em 2004.

Esta nova tecnologia refere-se a:

- sistema de combustão
- sistema de ar
- electrónica
- “aftertreatment” ou gestão rigorosa do ar da admissão, em que em que a parte electrónica controla a temperatura e a pressão do ar que entra para o motor, de modo a optimizar a combustão e assim controlar a cada momento a emissão dos gases.

O conjunto destas características resulta num menor consumo de gasóleo dos equipamentos.

Para o caso em estudo, o critério pensado para a substituição dos equipamentos existentes por equipamentos novos foi a idade das máquinas e o seu consumo médio de combustível, em L/h. Os equipamentos da marca Caterpillar existentes no TMS, já não são fabricados, existindo equipamentos mais recentes que desempenham a mesma função e, alguns até possuindo até a tecnologia ACERT.

Pensou-se na substituição de alguns equipamentos existentes no terminal por outros em estado de novo.

Desta forma, fez-se uma análise para verificar se os equipamentos actuais estão a consumir mais ou menos combustível do que o valor tabelado nas características técnicas de cada um (Quadro 5.29). Não foi permitida a divulgação do consumo médio (L/h) dos equipamentos com a tecnologia ACERT, por parte da pela Barloworld STET, pelo que no quadro que se encontra de seguida, está indicado sob a forma de seta se o consumo estimado e realizado pelos equipamentos do terminal apresenta valores superiores ou inferiores ao consumo médio tabelado para os equipamentos com a tecnologia ACERT.

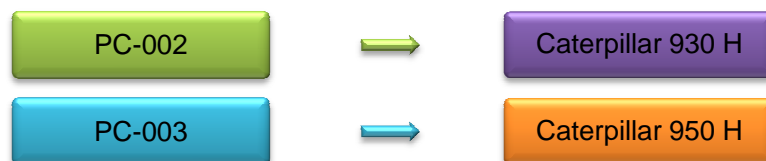
Quadro 5.29 - Análise do consumo de combustível actual com o consumo de combustível de um equipamento com tecnologia ACERT.

Equipamento	Consumo de catálogo dos equipamentos existentes (L/h)	Consumo do equipamento actual (L/h)	Consumo actual relativamente ao consumo do equipamento com tecnologia ACERT.
PC-001	14,5	11,96	↓
PC-002	14,5	14,32	↑
PC-003	19,5	20,75	↑
PC-004	19,5	14,68	↓
PC-005	13,0	9,14	↓

Legenda: ↓ Melhor que tecnologia ACERT; ↑ Pior que a tecnologia ACERT.

Os períodos de retorno determinados permitem afirmar que a substituição dos equipamentos existentes por equipamentos com a tecnologia ACERT só deverá ser efectuada em caso de perda total do equipamento existente actualmente.

Apesar dos dados relativamente ao consumo tabelado dos equipamentos com tecnologia ACERT não poderem ser divulgados, verifica-se pelo Quadro 5.29 que existem dois equipamentos, PC-002 e PC-003 que estão a consumir em média mais combustível do que o que o tabelado para os equipamentos com tecnologia ACERT.

Perante isto, propõe-se substituir estes dois equipamentos por uns que possuam a tecnologia ACERT.

O Quadro 5.30 foi determinado considerando que os dois novos equipamentos irão funcionar o mesmo número de horas que os equipamentos actuais.

Quadro 5.30 - Investimento necessário para substituir os equipamentos existentes.

		PC-002	PC-003
Consumo Actual (L)		7 761	6 808
Consumo Solução ACERT (L)		7 046	5 248
Investimento (€)		154 900	204 600
	Energia (L/ano)	715,0	1 560,0
Poupança	**Monetária (€/ano)**	757,9	1 653,6
	Emissões (tCO_2e)	1,9	4,2
Período de retorno (anos)		204,4	123,7

Relativamente ao outro equipamento da mesma marca, PC-007 (modelo 938 G II) este foi adquirido em 2006, pelo que apenas tem três anos e, segundo o fabricante, já deve possuir a tecnologia ACERT. No entanto, já está no mercado um novo modelo deste equipamento, mas da série H. Esta nova série apresenta o consumo médio inferior ao consumo médio relativo ao equipamento actual.

A Sennebogen também foi receptiva ao informar que o equipamento desta marca existente no TMS, Sennebogen 825 M, existe em versão mais moderna e actualizada: Sennebogen 825 M – Série D. A informação concedida permite verificar que a máquina genericamente designada por Sennebogen existente no terminal apresenta o mesmo consumo que o novo modelo série D, cerca de 11 – 14 L/h. Desta forma e considerando que o preço de aquisição deste novo modelo é de 243 000 €, sugere-se que a entidade mantenha o equipamento que possui actualmente.

Considerando os dados que foram disponibilizados, a entidade deverá tentar implementar um sistema de registo automático cada vez que se realiza um abastecimento, por forma a que as quantidades abastecidas aos equipamentos fiquem registadas numa base de dados informática, eliminando-se o controle e a gestão de registos manual. Desta forma, poderá ser feita uma

análise verdadeira das condições em que se encontram os equipamentos no que respeita ao consumo de combustível. Por outro lado, deve-se tentar diminuir o número de viagens até reservatório de combustível e realizá-las apenas quando o equipamento dá sinais de que o abastecimento é necessário, e neste caso abastecê-lo na sua máxima capacidade disponível, corrigindo os abastecimentos para o mesmo equipamento com quantidades muito diferentes, de cada vez, sendo este sistema o que é actualmente seguido.

Os operadores que utilizam estes equipamentos deverão estar atentos a eventuais alterações que se verifiquem no quadrante do equipamento (como o indicador de combustível), mas também a situações anormais que possam surgir nos equipamentos (barulhos estranhos, por exemplo), comunicando imediatamente ao responsável da manutenção, por forma a corrigir-se as anomalias.

As boas práticas que cada trabalhador deve seguir quando utiliza os diversos equipamentos do TMS devem estar em concordância com as sugestões do manual de operação e manutenção, onde está referido tudo o que o operador deve saber sobre os níveis da operação e manutenção do equipamento, de modo a retirar dele o melhor rendimento possível, sem danificar o mesmo. Aquando a aquisição dos equipamentos, existe sempre uma demonstração de um representante da marca, onde são demonstrados os pontos mais importantes para que o equipamento opera nas melhores condições (condições tabeladas consoante o modelo em causa).

5.4.4 Alteração da localização do transformador 3

Este exercício visa determinar a secção de cabo necessária para a nova localização do transformador 3, tendo como critério a "função custo". A localização pensada para o transformador 3 (TF3) visa uma redução de comprimento de cabos na ordem dos 486 m relativamente à localização actual.

As fontes de consumo de energia eléctrica exigem uma certa tensão nominal e consomem uma certa corrente, corrente essa que percorre os cabos. A escolha da secção dos cabos de cobre depende não só da intensidade da corrente a transportar mas também de outros critérios específicos, como por exemplo, a questão do cabo suportar o calor desenvolvido, e as quedas de tensão.

Quadro 5.31 – Parâmetros considerados.

Transportador	Intensidade a transportar por cada cabo (A)	Intensidade máxima que cada cabo transporta (A)	Secção actual (mm^2)	Distância (m)	
				Actual	Nova
C6	214	220	120	408	69
C7	214	220	120	366	233
C7A	127	140	120	111	54
C8	216	220	120	47	154
C9	105	120	70	111	54
C11	28	100	50	111	54
C30	75	100	50	111	54
ECV	54	100	50	47	154
Total	-	-	-	1 312	826

Para cada intensidade da corrente de cada fonte de consumo foram consideradas várias hipóteses de secção, pelo que estão associadas diferentes perdas, as quais foram quantificadas, em €/ano (Quadro 5.32), para o período que resta à concessão da PortSines, 7 anos.

Quadro 5.32 – Custo acumulado das perdas por efeito de Joule (€/ano) a preços constantes de 2008, para cada secção (mm^2) de cada fonte de consumo, durante os 7 anos que restam de concessão.

Fonte de consumo	Secção (mm^2)							
	25	35	50	70	95	120	150	185
	Custo acumulado para cada secção (€)							
C6	-	-	-	5 640,6	4 075,4	3 238,9	2 620,1	2 110,5
C7	-	-	-	21 980,5	15 883	12 621	10 210,2	8 225
C7A	-	-	2 311,4	1 223,6	874,3	699,3	562,8	-
C8	-	-	-	6 595,4	4 765,6	3787	3063,9	2 468,2
C9	2 422,7	1 730,4	1 211,0	884,1	615,3	442,4	-	-
C11	671,3	486,5	354,9	247,1	177,8	-	-	-
C30	2 065,7	1 495,9	1092	760,2	546	-	-	-
ECV	4 019,4	2 900,1	2117,5	1 473,5	1 059,1	-	-	-

Ao aumentar a secção dos cabos de cobre reduzem-se as perdas por efeito de Joule, contudo, quanto maior a secção do cabo de cobre mais cara é a sua aquisição (ver Quadro 5.33).

Quadro 5.33 – Preço de cabos de cobre para cada secção de cabo (mm^2)

(Fonte: EuroCabos, Tabela de Preços de Fevereiro de 2009)

Secção (mm^2)	Preço do Cabo (€/km)
25	7 819,2
35	10 155,5
50	14 629,8
70	20 425,7
95	27 792,9
120	39 768,8
150	49194,2
185	61 326,1

Determinou-se o preço de cada cabo de cobre (ver Quadro 5.34), considerando a nova distância que o cabo irá percorrer e a secção em análise.

Quadro 5.34 – Custo associado ao comprimento do novo cabo de cobre para cada destino de alimentação, considerando diferentes secções.

Fonte de consumo	Secção (mm^2)							
	25	35	50	70	95	120	150	185
	Custo para cada fonte de consumo considerando várias secções (€)							
C6	-	-	-	1 412,6	1 922,2	2 750,4	3 402,3	4 241,3
C7	-	-	-	4 758,4	6 474,6	9 264,5	11 460,3	14 286,5
C7A	-	547,0	787,9	1 100,1	1 496,9	2 141,9	2 649,6	-
C8	-	-	-	3 141,1	4 274,0	6 115,6	7 565,1	9 430,7
C9	421,1	547,0	788,0	1 100,0	1 496,0	2 141,0	-	-
C11	421,1	547,0	788,0	1 100,0	1 496,0	-	-	-
C30	421,1	547,0	788,0	1 100,0	1 496,0	-	-	-
ECV	1 202,1	1 561,7	2 249,0	3 141,0	4 274,0	-	-	-

Tendo como critério o menor custo envolvido no investimento de um novo cabo e o menor custo acumulado das perdas por efeito de Joule, determinou-se a melhor solução de secção para cada cabo, representada a verde no quadro que se segue.

Quadro 5.35 – Custo total para cada secção.

Fonte de consumo	**Secção (mm^2)**							
	25	**35**	**50**	**70**	**95**	**120**	**150**	**185**
	Custo total para cada secção (€)							
C6	-	-	-	7 053,2	5 997,6	5 989,3	6 022,4	6 351,8
C7	-	-	-	26 738,9	22 357,6	21 885,5	21 670,5	22 511,5
C7A	-	2 936,1	3 099,3	2 323,7	2 371,2	2 841,2	3 212,4	-
C8	-	-	-	9 736,5	9 039,6	9 902,6	10 629,0	11 898,9
C9	2 843,8	2 277,4	1 999,0	1 984,1	2 111,3	2 583,4	-	-
C11	1 092,4	1 033,5	1 142,9	1 347,1	1 673,8	-	-	-
C30	2 486,8	2 042,9	1 880,0	1 860,2	2 042,0	-	-	-
ECV	5 221,5	4 461,8	4 366,5	4 614,5	5 333,1	-	-	-

De acordo com o custo total necessário para investir num novo cabo de cobre para cada fonte de consumo o investimento total será de 48 269 €. Este valor inclui o custo do novo cabo de cobre e o custo associado às perdas por efeito de joule, até ao fim da concessão. O pressuposto utilizado não considera as escavações necessárias à realização da obra (visto que os cabos a implementar estarão enterrados no solo), nem o valor residual do cabo de cobre que existe actualmente. Por outro lado, é necessário também saber se a solução apresentada relativamente aos cabos propostos cumprem ou não os critérios técnicos da função a que se destina.

Caso se realize a alteração da localização do TF3 e sejam utilizadas as secções sugeridas, a poupança de energia anual será de 23,4 MWh, o que se traduz em 3 383 €/ano. Assim, existirá uma redução anual de cerca de 6 % nas perdas.

Com a solução proposta determinou-se o período de retorno associado a este investimento: 19 anos. Este período de retorno excede a duração do prazo de concessão previsto até 2017, porém e como a permanência da PortSines no TMS após este período ainda não está definida, esta medida deverá ser analisada assim que existam informações sobre este facto.

O valor actual líquido (VAL) foi também determinado para o período que resta à concessão, 7 anos. A solução proposta para as secções de cabo apresenta um VAL de – 32 533 €. Como o valor obtido é menor que zero pode-se afirmar que se está perante um projecto economicamente inviável, uma vez que não permite cobrir o investimento inicial, no período que resta à concessão.

Este estudo é uma contribuição para uma análise mais profunda a realizar futuramente por engenheiros electrotécnicos, mas não uma proposta de acção, ou seja, este exercício permitiu apresentar uma optimização que deverá ser pensada e validada do ponto de vista electrotécnico. No entanto, o que aqui ficou registado permite demonstrar à PortSines caso o prazo de concessão seja prolongado e/ou caso ocorra alguma anomalia irreparável na rede eléctrica que inclua o transformador 3.

Decidiu-se verificar, para o período de 2004 a 2008, a quantidade de MWh que foram "desperdiçados" no período de 2004 a 2008 pela actual localização do TF3, e consequentemente o montante em Euros que poderiam ter sido poupados. (ver Quadro 5.36) Considerou-se para cada ano o preço por kWh apresentado no Quadro 5.2.

Quadro 5.36 – Determinação dos desperdícios das perdas por efeito de joule para o período analisado.

Ano	**Desperdícios**		
	Monetária (€/ano)	**Energia (MWh/ano)**	**Emissões (tCO_2e)**
2004	4 582	58,7	27,6
2005	6 235	73,4	34,5
2006	6 269	67,4	31,7
2007	6 103	56,5	26,6
2008	5 909	54,7	25,7
Total	29 099	310,7	146,1

Perante os resultados apresentados sobre a poupança de energia, e consequentemente a poupança monetária e de emissões ficou comprovado que o dimensionamento da rede eléctrica numa instalação industrial é factor determinante para a factura energética de uma organização. Aquando a construção do TMS poderá ter existido maior preocupação em optimizar o percurso do carvão, pelo que os cabos que ligam o transformador às fontes de consumo não foi uma prioridade na altura, tendo-se verificado os desperdícios de energia apresentados no Quadro 5.36.

5.4.5 *Cold Ironing*

De uma forma generalizada, a implementação do *cold ironing* nos portos implica que estes sigam determinados passos, nomeadamente um estudo de viabilidade técnica e económica, o qual deverá incidir sobre as questões referenciadas no Quadro 5.37.

Quadro 5.37 – Descrição das etapas a realizar para implementar o *cold ironing* no TMS.
(Adaptado de Khersonsky, 2004 e de C40 World Ports, 2008)

Etapa	Descrição
1.	Abordar vários stakeholders, como proprietários da mercadoria, construtores navais, fornecedor de energia eléctrica, fornecedores de tecnologia, autoridades ambientais, autoridades locais, e outras partes que possam estar interessadas na implementação deste sistema.
2.	Determinar os navios que mais frequentam o TMS e que têm períodos de estadia mais longos.
3.	Invistam em infra-estruturas para fornecer energia eléctrica aos navios que acostarem.
4.	Contratação de pessoal especializado, para analisar as condições eléctricas actualmente existentes por forma a poderem apresentar propostas que permitam a instalação deste mecanismo.
5.	Estudar a hipótese de implementar o *cold ironing* sob diferentes configurações: fixo, móvel ou semi-fixo.
6.	Estimar as emissões resultantes do funcionamento dos motores auxiliares dos navios enquanto acostados no porto, considerando vários cenários: a) Estimativas das emissões dos navios que mais frequentaram o TMS nos últimos anos; b) Estimativas da redução de emissões dos navios que utilizam HFO, MDO ou combustível com baixo teor de enxofre, comparativamente com a utilização de energia eléctrica proveniente da rede eléctrica nacional, e considerando a legislação em vigor/legislação futura;
7.	Estimar o potencial de redução de ruído ao introduzir-se o *cold ironing* no TMS.
8.	Analisar a hipótese de fornecimento de energia eléctrica ao navio proveniente de FER.
9.	Definir fronteiras de custos a suportar pelas várias partes interessadas.
10.	Providenciem subsídios para compensar os custos de adaptação do equipamento dos navios de forma a poderem servir-se de energia do lado de terra.

É importante perceber a regularidade com que os navios frequentam o terminal, visto que o investimento envolvido na implementação deste sistema do lado do porto é elevado, como demonstrado na revisão de literatura.

Do número total de navios que frequentaram o TMS no ano de 2004, apenas 21,9 % ou os seus *sister ships* acostaram de novo em anos seguintes. Foi no ano de 2007 que os navios menos frequentaram o TMS, tendo-se registado nesse ano que apenas 7,7 % do número total de graneleiros presentes no porto de Sines.

Analisando os resultados que se segue, e para que a implementação do mecanismo *cold ironing* seja viável economicamente, é necessário que a frequência de acostagem dos navios que visitam o TMS aumente, para que possam usufruir deste mecanismo um número considerável de navios que justifique o investimento.

Quadro 5.38 – Percentagem do total dos navios acostados em Sines que mais frequentaram o TMS.

Ano	Navios que mais frequentaram o TMS relativo ao total de navios acostados (%)
2004	22
2005	8,5
2006	11
2007	7,7
2008	13

Os graneleiros que transportaram carvão e que visitaram o TMS com mais frequência, incluindo os *sister ships*, durante o período de 2004 a 2008, estão representados no quadro que se segue.

Quadro 5.39 - Navios que mais frequentaram o TMS, e respectivas paragens.

Navio	Paragens	Bandeira	dwt	*Sister Ships*	Paragens
Loch Long	3 × 2004	Panamá	165,693	Loch Lomond	2×2004
Mineral Oak	2 × 2005 1 × 2006	Panamá	75,785	Pacific Navigator	1 × 2006
				Heythrop	1 × 2008
				Irfon	1 × 2008
Aquabella	1 × 2004 1 × 2006	Grécia	161,01	Matilde	1 × 2006 1 × 2007 1 × 2008
				Rubin Grace	1 × 2004
				Iron Queen	1 × 2005 1 × 2008
				Anangel Ambition	1 × 2004
Pascha	1 × 2007 1 × 2008	Ilhas Marshall	82,191	-	-
Guiseppe Lembo	1 × 2004 1 × 2005 1 × 2006	Itália	172,639	-	-

A realização do inventário de emissões resultantes do funcionamento dos motores auxiliares dos navios acostados no TMS poderá ser realizada juntamente com a APS, visto que a autoridade portuária tem acesso à quantidade de combustível fornecida aos navios acostados. Entretanto, até o inventário se iniciar, poderão ser estimados os consumos de combustível dos navios que já passaram pelo TMS, através dos registos indicados no *draft survey*, entregues à inspecção reconhecida pelo vendedor e pelo comprador. Este documento regista todas as informações do navio, como as quantidades de combustível, água potável e águas de lastro existentes e que vão sendo utilizadas. A informação mais importante é a relativa aos calados

do navio e portanto, os pesos variáveis existentes a bordo do navio, pois são estes que vão determinar a quantidade de carga que está a ser movimentada. Algumas características do tipo de carga a transportar são também registadas, como sucede com a densidade do carvão. Este inventário deverá incidir não só sobre emissões resultantes da utilização de combustível dos navios, mas também das emissões resultantes das actividades desenvolvidas no porto, pois só assim será viável uma análise da eficácia energética e consequente impacte ambiental resultante das emissões, por cada embarcação acostada em Sines.

Quando se fala da implementação do *cold ironing* não é possível definir uma fronteira quanto à responsabilidade de implantação e gestão desse sistema entre o terminal, neste caso a concessionária, e a autoridade portuária. O processo de *cold ironing* desenvolve-se no terminal, mas é a autoridade portuária quem tem que autorizar a instalação dos equipamentos necessários e quem será oficialmente a proprietária das cabines com as ligações e tomadas que permitirão estabelecer o contacto energético entre o navio e o porto. É necessário que a PortSines, como entidade exploradora do terminal, trabalhe em conjunto com a APS para analisarem a melhor solução para a instalação do *cold ironing*.

Poderá pensar-se no investimento e implementação do *cold ironing* no terminal em duas vertentes:

1. O porto de Sines (APS e PortSines) instala este mecanismo por si só, e os navios que possuam condições a bordo para tal usufruem do sistema *cold ironing*.
2. O porto de Sines investe neste mecanismo juntamente com o cliente maioritário do carvão, a EDP e todas as outras partes interessadas, como o armador do navio, fornecedores de tecnologia, autoridades ambientais, construtores navais, como foi feito para o caso do petroleiro *Alaskan Navigator* (EUA), iniciando-se uma parceria entre os vários interessados.

Cabe ao responsável/proprietário do navio decidir se deve ou não implementar o *cold ironing* para estes navios ou outros viabilizando (ou não) a instalação deste sistema. Quanto à empresa que encomenda o carvão, esta poderá discutir com o armador, a possibilidade de implementarem o mecanismo a bordo do navio, por forma a, em vez de virem navios irmãos alternadamente ao TMS (como se verifica pelo Quadro 5.39), que venha sempre o mesmo navio.

A gestão de navios está fora do âmbito deste trabalho nem é da responsabilidade da PortSines, mas importa referir que para que a implementação do mecanismo tenha sucesso, é

fundamental que esteja envolvido o maior número possível de organizações, facilitando assim a coordenação para a implementação deste mecanismo.

Se o porto possuir este mecanismo, e informar os clientes de tal facto, estes poderão encaminhar mais vezes para aquele porto os navios que possuam este sistema de ligação a terra, e desta forma todos os envolvidos são beneficiados:

- a empresa responsável pelo navio (benefício monetário),
- o porto, que contribui para reduzir as emissões associadas ao consumo de combustível e ainda recebe dinheiro porque vende a energia fornecida ao navio,
- cliente, porque de acordo com o artigo 10 do Regulamento de Tarifas da APS, S.A. “os navios que cumpram o serviço de linha de navegação regular e cujo serviço tenha atingido, nos 365 dias de calendário imediatamente anteriores à escala em questão, o número de escalas compreendidas nos escalões seguintes, beneficiarão das correspondentes reduções”:

Quadro 5.40 – Reduções praticadas pelo porto de Sines para os navios que frequentam os terminais com a regularidade estipulada por intervalos de escalas.

Escalas	Redução da TUP (%)
6 a 21	10
22 a 48	25
Mais de 48	40

Apesar de existir uma recomendação da EU (de 8 de Maio de 2006 relativa à promoção da utilização de electricidade da rede de terra pelos navios atracados nos portos da Comunidade) ainda não existe nenhuma obrigatoriedade da instalação deste sistema aplicável internacionalmente para a implementação deste mecanismo do lado de terra, nem a bordo do navio. No entanto, caso a equipa de especialistas (referida no Quadro 5.37) conclua que são necessárias alterações na rede eléctrica e/ou no terminal para se instalar o *cold ironing*, é da responsabilidade da APS avaliar a viabilidade técnica e económica, deste sistema no terminal multipurpose, visto que o abastecimento de energia eléctrica ao TMS é feito por esta entidade.

Cada navio tem um determinado consumo em porto consoante o tipo de equipamento instalado a bordo, principalmente o tipo do gerador e da caldeira que são os fornecedores de energia e calor/vapor para os diversos sistemas enquanto o navio está atracado.

Recorrendo ao procedimento utilizado pela *SENES & AIR* (2004) (descrito em 3.5.4), tentou-se estimar o nível das emissões que iriam ser evitadas com o emprego do *cold ironing* para os

navios que mais frequentaram o TMS entre 2004 e 2008, mas tal foi impossível, porque não se teve acesso à potência dos motores de cada navio, nem ao factor de carga de cada um, assim como ao abastecimento de combustível realizado aos navios que frequentaram o TMS (esta informação não foi facultada pela APS), durante o período de acostagem, apesar da informação facultada pela Portline.

Sabe-se que a subestação eléctrica sul do TMS possui dois transformadores, cada um com 10 MW de potência (representação na figura 5.18).

Figura 5.18 - Representação dos transformadores de energia eléctrica localizados na subestação sul.

Dos dois transformadores existentes um iria realizar a alimentação ao terminal, ficando o outro de reserva. No entanto, actualmente ambos os transformadores estão sempre em funcionamento porque a PortSines prefere ter sempre os dois transformadores ligados para reduzir as solicitações de carga e para distribuir melhor eventuais interferências eléctricas nos sistemas de comando electrónico das stackers-reclaimers e dos pórticos. Apesar da instalação estar preparada para 10 MW, de acordo com o contrato de concessão realizado entre a APS e a PortSines, o TMS só pode usufruir de uma potência contratada até 2,5 MW, sendo este o limite estipulado actualmente para a instalação. A potência contratada mais elevada que a PortSines registou nos últimos anos foi exactamente este valor, 2,5 MW em 2008. Assim, para se instalar o *cold ironing* no TMS, considerando a potência contratada actual e as necessidades dos graneleiros ser entre 300 kW – 1 MW (como referido no Quadro 3.11), a APS deverá garantir ao terminal a disponibilidade de mais 1 MW, assumindo que o graneleiro a alimentar precisará desta potência no máximo.

Com base no acima referido e segundo [Com. Pessoal (Eng.º Jorge Sá, APS)] terão de ser realizadas as seguintes alterações na rede eléctrica para a implementação do *cold ironing* no terminal multipurpose:

- Aumentar a potência contratada: a PortSines terá que solicitar ao fornecedor de energia portuária, a APS, o aumento de potência que pretende. Caso a APS também esteja interessada

no *cold ironing*, e considerando que a ponta actual da rede eléctrica do Porto de Sines é de 4 MW, sem qualquer alteração dos cabos eléctricos da EDP existe uma ponta de 6 MW para futuras ampliações e para fazer frente a este novo requisito. Assim, o fornecimento de mais 1 MW não implica alterações na rede, existindo capacidade para alimentar os graneleiros.

- Adaptar as instalações eléctricas do cais: instalar tomadas adequadas à alimentação a navios, o que implicará também a adaptação dos quadros eléctricos que irão alimentar estas novas tomadas de cais.

- Confirmar a possibilidade de abastecer essa potência a partir do posto de transformação que fornece energia ao cais (PT 14 e PT 15).

Uma possível localização para a implementação do *cold ironing* seria na ponta do cais 1 A, onde não existe perigo de interferência com o funcionamento dos pórticos e não existe condicionamento à movimentação de viaturas, pois estas poderão utilizar a via paralela.

Figura 5.19 – Possível localização para implementar o mecanismo *cold ironing*.

Como a distância entre os carris, onde se deslocam os pórticos, e a berma do cais, é reduzida, cerca de 5 m como representado na Figura 5.20, a localização para o *cold ironing* deverá ser depois do limite até onde os pórticos se podem deslocar.

Figura 5.20 - Representação da distância entre os carris dos pórticos e a ponta do cais.

Assim, a localização escolhida apresenta vantagem sobre qualquer outra localização porque para além de não interferir nas actividades do terminal, é próxima da *Engine Room* do navio, como visível na Figura 5.21.

Figura 5.21 - Representação das vantagens na localização para implementação do *cold ironing*. A azul está representado o local até onde o pórtico se pode deslocar.

A ligação do *cold ironing* à rede de terra poderá efectuar-se na subestação eléctrica Sul, a qual se encontra relativamente perto do cais, cerca de 120 m, como representado a cor-de-rosa na Figura 5.22. Os cabos percorreriam um dos percursos representados na Figura 5.22 até ao cais.

Figura 5.22 - Possíveis percursos dos cabos para implementação do *cold ironing*.

Sugerem-se dois percursos, os quais deverão ser analisados e estudados posteriormente. Pensou-se no percurso 1 o qual apresenta cerca de 195 m, pois este teria o mesmo itinerário que os transportadores de correia, não interferindo nas vias onde circulam as viaturas. Relativamente ao percurso 2, este é ligeiramente mais curto, apresentando cerca de 140 m, pelo que o custo associado à implementação poderá ser menor.

O tipo de mecanismo a implementar poderá ser móvel ou semi-fixo visto que a distância entre os carris onde se deslocam os pórticos e o fim do cais, é muito reduzida para se implementar um sistema fixo. No entanto, a possibilidade de um sistema fixo, como existente no porto de Gotenburgo (Figura 3.14), deverá ser analisada em pormenor no estudo a realizar posteriormente.

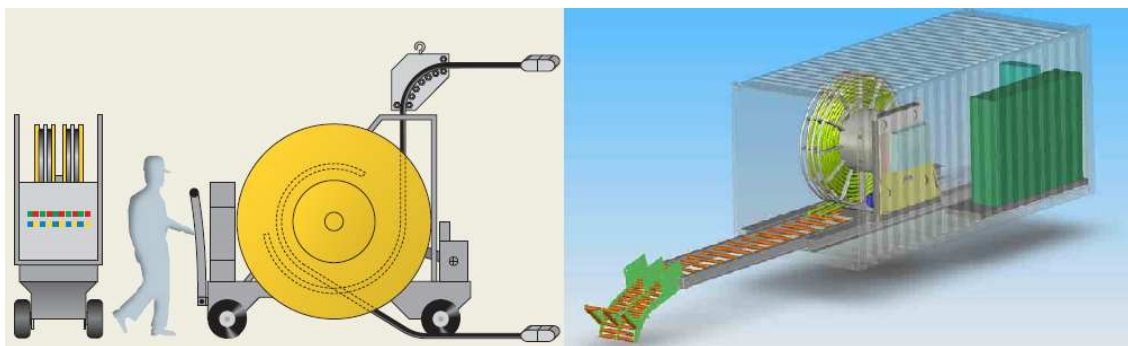



Figura 5.23 - Representação de um sistema móvel (lado esquerdo) e de um sistema semi-fixo (lado direito) para implementação *cold ironing* do lado terra. (CAVOTEC)

A principal diferença entre o sistema móvel e semi-fixo é a localização fixa ou móvel, porque ambos utilizam os mesmos equipamentos, entre os quais: cabos flexíveis de borracha, painel de controlo eléctrico, braço de elevação, entre outros componentes.

O sistema móvel poderá ficar guardado dentro da torre de transferência 1 (TS1) na ausência de navio no cais.

A maioria dos navios que acosta no cais do carvão do TMS, não possui gruas a bordo, pelo que a descarga do navio pode ocorrer a bombordo ou a estibordo, porém, os navios no TMS, por questões de segurança ficam sempre acostados a estibordo para ficarem aproados no sentido em que devem zarpar.

O *cold ironing* no TMS irá fornecer energia eléctrica ao navio para todas as actividades, substituindo o funcionamento do motor auxiliar, pelo que em caso de incidente/emergência, o navio encontra-se preparado para abandonar o cais, em qualquer momento.

O *cold ironing* apresenta-se como uma medida complementar à Convenção de MARPOL, visto que ao instalar-se este mecanismo os navios deixam de consumir do seu combustível e não necessitam de manter os motores ligados, pelo que os limites impostos para a redução de emissões de NO_x e SO_x é alcançado enquanto os navios estão acostados em porto.

A implementação do *cold ironing* no TMS é possível, caso sejam feitos os investimentos necessários no terminal.

Recorrendo ao apêndice II, a entidade auditada tem acesso aos custos estimados associados ao investimento total, e após a determinação das emissões que irão ser reduzidas com este mecanismo, este sistema irá ajudar a melhorar o bem-estar dos trabalhadores, assim como a entidade analisada neste trabalho que será o primeiro terminal do porto de Sines a implementar o mecanismo.

Visto que os graneleiros que transportam carvão e frequentam o TMS não necessitam de utilizar os equipamentos de bordo (gruas), poder-se-á dizer que o *cold ironing* é viável no TMS, pois cumpre o objectivo principal deste sistema: reduzir as emissões resultantes da queima de combustível, ao que acresce ainda a diminuição do ruído proveniente do funcionamento dos motores auxiliares que ocorre não se utilizando o *cold ironing*.

Segundo comunicação pessoal de Comandante Brazuna Fontes, a geração de energia renovável para servir o mecanismo *cold ironing* e para todas as outras actividades do TMS que implicam a utilização dos equipamentos (stacker-reclaimer, pórticos, transportadores) é, neste momento, impossível de concretizar porque:

- o consumo do TMS é demasiado elevado, exigindo a criação de um parque eólico e/ou solar de grandes dimensões, para que se consiga fornecer a quantidade de energia necessária às operações que envolvem a movimentação de carvão;

- não existe espaço (físico) no TMS para implementar os referidos parques;

5.4.6 Incentivos

A TUP (taxa de uso do porto) nacional, é calculada com base na arqueação bruta (GT) dos navios (TUP-Navio) e por tonelada ou unidade de carga em correspondência com as categorias ou tipos de carga a movimentar (TUP-Carga), pelo que não possui nenhum critério ambiental associado. Desta forma, pode-se afirmar que os principais portos nacionais adoptaram o mecanismo do Green Award como uma boa práctica que serve de complemento à TUP. O Green Award está ainda longe de abranger todos os tipos de navios e um número de navios representativo da frota mundial existente. Assim, e considerando que os portos portugueses não se limitam a receber petroleiros (tipo de navio maioritariamente certificado pelo GA, como referenciado no capítulo 3.8.2), deve ser pensado um mecanismo que inclua todos os tipos de navios que circulam em águas portuguesas, com um critério ambiental associado.

Várias têm sido as medidas legisladas e adoptadas a nível mundial por forma a tornar mais sustentável quer a movimentação de navios, quer a movimentação das cargas. O sistema sueco referenciado em 3.8.1 aplica-se aos navios que transitam nas águas suecas, mas também a outros portos de países servidos pelo mar Báltico, que aderiram à HELCOM (Comissão de Helsínquia), não estando directamente ligado a cada porto individualmente.

A APS não pode, de forma autónoma, alterar a estrutura do tarifário, pois está obrigada a seguir o previsto no Decreto-Lei 273/2000, de 9 de Novembro, não sendo, assim, possível introduzir reduções não previstas, pois estas terão de ser aprovadas pela entidade reguladora – o Instituto Portuário e dos transportes Marítimos (IPTM).

Considerando o interesse do IPTM no desempenho energético e ambiental dos portos e navios que circulam nas águas nacionais, sugere-se que se altere o sistema de tarifação existente (TUP), passando a incluir uma componente ambiental, que tenha diferenciação na taxa a aplicar. Na componente ambiental deve ser incluída uma parcela referente às tecnologias presentes a bordo do navio e emissões resultantes da queima de combustível de navios que ainda não tenham implementado o *cold ironing*.

Desta forma, e considerando que a maioria dos terminais do porto de Sines movimentam cargas altamente prejudiciais ao meio ambiente, com o novo sistema de tarifas a aplicar em

todos os portos nacionais, todos os tipos de navios ficarão abrangidos, não havendo restrição exclusiva aos petroleiros e graneleiros, como no Green Award.

Seguindo o sistema da HELCOM, para que um sistema actual de tarifas seja alterado para um sistema que tenha em consideração um critério ambiental o IPTM deverá ter como pré-requisitos:

1. Oferecer a protecção máxima ao meio ambiente;
2. Abranger todos os aspectos relativos ao navio: gestão, design, tipo de operação do navio;
3. O sistema deve ser confiável e fácil de implementar;
4. As despesas para os operadores do sistema devem ser reduzidas.

Para o mecanismo de incentivo económico a implementar deve ser preenchida uma *checklist* que considere as seguintes características dos navios, representadas no Quadro 5.41.

Quadro 5.41 – Principais critérios a considerar na TUP que contém critério ambiental.

1.	Número de visitas ao porto *
2.	Arqueação bruta *
3.	Potência instalada do motor principal **
4.	Potência instalada dos motores auxiliares **
5. **5.1**	Tipo de combustível Combustível com baixo teor de enxofre?
6.	Intensidade energética do navio (GJ/tkm)
7.	Emissões de CO_2/tkm
8.	Está preparado para *cold ironing*?
9 **9.1**	Existência de tecnologias para regime de abatimento de NO_x e SO_x? Quais?

* Critérios em vigor na TUP

** Este critério será aplicável quando os motores dos navios estiverem ligados enquanto o navio está acostado.

Assim como no sistema sueco, também o novo sistema de tarifas nacional terá uma escala linear, determinada pela taxa a pagar, em euros, em função do teor de enxofre presente no combustível, emissões associadas ao funcionamento dos motores de um navio no porto, emissões de CO_2 e intensidade energética do navio durante a viagem de origem ao destino. A taxa a pagar relativamente à componente ambiental deverá ser estabelecida pelo IPTM. Assim

como existe actualmente o Imposto Único sobre Veículos que implica pagar diferentes taxas para diferentes cilindradas e para cada cilindrada pagamento de taxa consoante as emissões associadas, o mesmo poderá ser aplicado à nova componente ambiental a ser considerada pela TUP.

O critério relativo à preparação do navio para receber energia eléctrica a partir de terra permitirá que a TUP seja maior ou menor consoante a existência ou não do mecanismo de *cold ironing* a bordo do navio.

Deve ser pensado o estabelecimento de limite de emissões de NO_x e SO_x para os navios que circulem em águas portuguesas. Assim como o caso sueco, o esquema português poderá iniciar uma parceria com os restantes países do Mediterrâneo ou do Atlântico, passando a existir uma terceira zona de SECA na Europa.

Esta proposta de alteração das condições actuais da TUP, a implementar em águas nacionais vem ao encontro do ponto 15 da Resolução do Parlamento Europeu, de 20 de Maio de 2008 (2008/2009 (INI)), sobre uma política marítima integrada para a União Europeia, que incentiva os países a uma união mais forte com a IMO, para combater as emissões de NO_x e SO_x a fim de que:

Se apresente uma proposta de directiva da UE relativa à qualidade do combustível para navios.

Se estabeleçam normas para as emissões de óxidos de azoto dos navios que utilizam os portos da EU

Se introduzam medidas fiscais, como impostos ou taxas, aplicáveis às emissões de dióxido de enxofre e óxidos de azoto provenientes de navios, e se procurem meios para aplicar essas medidas e taxas a todos os navios.

Se promova a introdução de taxas portuárias e de circulação marítima diferenciadas que beneficiem os navios cujas emissões possuem um menor teor de dióxido de enxofre e óxidos de azoto;

Se introduza gradualmente a obrigação do abastecimento energético dos navios ancorados a partir da rede de terra;

Se designe o Mediterrâneo, o Mar Negro e o Nordeste do Atlântico como uma Zonas de Controlo das Emissões de Enxofre (SECAs), nos termos da Convenção de MARPOL

Figura 5.24 – Objectivos a cumprir de acordo com a política marítima integrada da EU. Adaptado de Resolução do Parlamento Europeu, de 20 de Maio de 2008, sobre uma política marítima integrada para a União Europeia.

Caso este esquema de incentivo seja adoptado, será mais uma medida de eficiência energética do lado de terra, a qual aliada às sugestões de alterações a realizar no TMS (no que respeita ao consumo de energia eléctrica), permitirá que se possa falar de eficiência energética do lado de terra, não havendo exclusividade para o lado da navegação. Desta forma, a eficiência energética do transporte marítimo nacional ganha uma nova dimensão, permitindo que Portugal faça parte dos países em que a eficiência energética, quer do lado da navegação, quer do lado de terra, já é uma realidade.

Incentivo aos trabalhadores

Sugere-se ainda que a PortSines, como entidade que explora o terminal multipurpose, desenvolva um mecanismo em que a performance dos trabalhadores seja avaliada. Esta avaliação deverá basear-se no cumprimento de objectivos que seriam estipulados, no início de cada ano civil, aos trabalhadores. Esta avaliação seria feita por turno e poderia ser baseada num índice com as variáveis representadas no Quadro 5.42, as quais têm uma percentagem para a classificação final (o peso aqui representado é a título ilustrativo do trabalho académico, já que deverá ser a PortSines a definir esta questão).

Quadro 5.42 – Parâmetros a considerar para a classificação dos trabalhadores.

Designação	Parâmetros	Classificação
A	Energia eléctrica dispendida por cada tonelada descarregada	40 %
B	Quantidade de toneladas descarregadas por hora	40%
C	Critério que ilustre o manuseamento cuidado dos equipamentos (por exemplo, a redução dos acidente	20%

Para o estabelecimento do parâmetro A e B, deverá ser definido um intervalo para atribuição da classificação correspondente. A classificação final poderá ser calculada, recorrendo ao cálculo de uma média ponderada:

$$\text{Índice de desempenho } = \frac{A \times 40 + B \times 40 + C \times 20}{100}$$

Este incentivo será traduzido pela atribuição de um prémio a definir pela PortSines. Sugere-se que o prémio se traduza na atribuição de um dia de folga extra no ano seguinte, não podendo num mesmo dia coincidir a folga para dois trabalhadores.

A sensibilização dos trabalhadores para a melhoria de eficiência energética no terminal, é uma medida de fácil implementação, tanto mais que a PortSines está a desenvolver actualmente o seu Sistema de Gestão Ambiental (SGA), podendo deste modo melhorar o seu desempenho ambiental e energético.

Este tipo de esquema é essencialmente motivador, pelo que a competitividade iria estar aliada a uma melhor prestação nas actividades a desenvolver, pelo que a movimentação de carga geral deverá ser mais eficiente, visto que existirá um maior cuidado com a manutenção e manuseamento de equipamentos por um lado. Por outro lado o factor humano não fica esquecido: melhorar o ambiente não é só resultante de máquinas bem calibradas, mas essencialmente do factor humano, das pessoas que accionam a maquinaria.

5.5 Síntese

Considerando os dados que foram facultados pela entidade auditada e o feedback das várias empresas contactadas (fabricante dos equipamentos existentes), para auxiliar a autora deste trabalho em apresentar medidas que permitissem a redução do consumo de energia do terminal multipurpose do porto de Sines, decidiu-se elaborar um quadro resumo com as medidas que foram apresentadas, objectivo de cada medida e a sua aplicabilidade. O critério utilizado para a aplicabilidade das medidas sugeridas é o período de retorno associado a cada medida.

As medidas que foram quantificadas, nomeadamente a substituição das lâmpadas existentes nas principais vias, por Cosmopolis da Philips, a substituição das lâmpadas dos equipamentos por LED, a implementação de painéis solares térmicos para AQS, permitirão reduzir o consumo do terminal em 128 MWh, o que se traduz numa poupança económica de 12 824 €. Isto representa uma redução na ordem dos 3 % do consumo actual do TMS.

Quadro 5.43 – Síntese das medidas analisadas.

	Medida	Objectivo	Investimento (€)	Poupança monetária (€/ano)	Período de retorno (anos)	Facilidade de aplicação	Comentário
Processo	*Descarga*	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	O processo de descarga já se encontra optimizado
	Carga	s.d	s.d	s.d	s.d	s.d	Não foram facultados dados pela PortSines
	Retoma	Realizar a retoma sempre com a quantidade máxima que a stacker-reclaimer consegue transportar.	Ind.	Ind.	Ind.	✖ (Fácil)	Menores necessidades de potências dos motores
Equipamentos eléctricos		Instalação de contadores de energia eléctrica para transportadores de correia (cenário 3)	5 654	2 268	2,4	✖ (Fácil)	Contabilizar com rigor a energia consumida
	Pórticos	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A.	Não houve resposta por parte do fabricante.
	Transportadores	Substituição dos motores actuais por motores de alto rendimento	N.A	N.A	N.A	✖ (Intermédio)	Verificar se a implementação de motores de alto rendimento é compensatória com os benefícios da sua utilização em termos energéticos e económicos.
		Realização de um estudo para analisar se os motores estão excessivamente sobredimensionados.	N.A	N.A	N.A	✖ (Fácil)	A maioria dos motores encontra-se a funcionar, em média, a 60% da sua potência.
		Implementação de VEV (proposta Siemens)	300 985	Ind.	Ind.	✖ (Intermédio)	Reduzir o consumo de energia dos transportadores
		Instalação de arrancadores suaves	15 504	Ind.	Ind	✖ (Fácil)	Menor desgaste mecânico dos motores
	Stacker-Reclaimer	Redução do consumo de energia eléctrica	N.A	Ind.	Ind.	✖ (Fácil)	Melhorar/corrigir posicionamento da lança
	Iluminação Exterior	Reduzir o consumo de energia eléctrica - Philips	19 250	3 865,5	5	✖ (Fácil)	Substituição da iluminação das principais vias por Cosmopolis
		Reduzir o consumo de electricidade- Eurosolution	342 000	11 234,7	30,4	✖ (Difícil)	Substituição das luminárias de 8 m por candeeiros solares
	Iluminação Equipamentos	Reduzir o consumo de energia eléctrica - Formast	42 994,30	9 556,5	4,5	✖ (Fácil)	Substituição da iluminação dos equipamentos por LED
	AQS	Reduzir o consumo de energia eléctrica	5 800	464,83	14,4	✖ (Difícil)	Implementação de um sistema solar térmico
Equipamentos consumidores de combustível		Reduzir o consumo de combustível	359 500	2 411,5	123 - 204	✖ (Difícil)	Substituição dos equipamentos por novos com tecnologia ACERT
Nova localização TF3		Demonstrar que existe oportunidade de optimização	48 269	3 383	19	✖ (Intermédio)	Especialistas deverão avaliar esta questão.
Cold Ironing		Reduzir as emissões do processo de *hotelling*	Ind.	N.A	N.A	✖ (Intermédio)	O consumo de electricidade aumentará. Deve-se tentar associar a ele energia renovável.
Incentivo		Introdução de uma componente ambiental da TUP	N.A	N.A	N.A	✖ (Fácil)	Readaptar a TUP, por forma a motivar a eficiência energética nos navios.

Legenda: ✖ Fácil; ✖ - Difícil; ✖ - Intermédio; N.A. - Não Aplicável; Ind. – Indeterminado; s.d. – Sem dados

6 Conclusões

6.1 Principais resultados

A eficiência energética é uma temática que deve ser integrada em todos os sectores, incluindo o transporte marítimo, devido à sua importância para a economia dos países e para os impactes ambientais associados à sua actividade.

O transporte marítimo deve ser analisado sob duas perspectivas: o lado do mar (navegação), e o lado de terra (porto). Deram-se a conhecer na revisão de literatura algumas medidas adoptadas para melhorar a eficiência energética do lado da navegação. Do lado de terra realizou-se uma auditoria energética às instalações do Terminal Multipurpose do porto de Sines, destacando as operações e equipamentos envolvidos na movimentação de carvão.

De todos os terminais do porto de Sines é o TMS que mais energia eléctrica consome.

Analisando em pormenor as operações do TMS, conclui-se que a retoma de carvão deve ser sempre realizada com a capacidade máxima que a stacker-reclaimer consegue transportar, por forma ao consumo de energia ser mais eficiente. A operação de descarga de carvão é a que envolve maior número de equipamentos a funcionar em simultâneo, sendo por isso responsável por cerca de 65 % do consumo de electricidade total do terminal.

Os pórticos, transportadores de correia e stacker-reclaimer são responsáveis por cerca de 90 % do consumo de energia eléctrica do TMS, sendo os transportadores os que mais energia consomem, representando cerca de 40 % do consumo total do terminal.

Apesar de serem as operações de carvão que justificam o funcionamento do terminal, são as outras cargas gerais as responsáveis pela maior presença de navios no TMS.

Durante o período analisado, 2004 a 2008, a movimentação de carvão média no TMS foi de 2,3 kt/h. Este indicador deverá apresentar futuramente uma tendência decrescente, quando forem adoptadas medidas de gestão para uso optimizado dos equipamentos. Este facto comprova que a eficiência das operações têm melhorado.

6.2 Cumprimento dos objectivos

Tendo em conta os dados que foram facultados, as informações prestadas e a disponibilidade manifestada pelas várias empresas contactadas, pode-se afirmar que foram alcançados os objectivos deste trabalho, designadamente, a identificação de medidas para a poupança de energia na factura do TMS com vista à melhoria da eficiência energética. Foi ainda alcançado o objectivo de sugerir os procedimentos necessários para que o *cold ironing* seja

implementado no TMS, por forma a conduzir a uma melhoria ambiental da qualidade do ar no porto. Relativamente à componente ambiental a ser introduzida na taxa de uso do porto, também se conseguiu expôr a vantagem daí resultante para as empresas proprietárias dos navios.

A principal limitação deste trabalho foi o facto de não se terem conseguido analisar oportunidades de melhoria para todos os processos desempenhados e equipamentos existentes no TMS. Este facto não pôde ser contornado, não só devido à inexistência de registo completo dos dados necessários, como aconteceu com o processo de carga, mas também devido às particularidades que cada equipamento apresenta. Os dados referentes aos equipamentos utilizadores de combustível tiveram de ser trabalhados sob outra perspectiva, considerando que os registos dos consumos e tempo de funcionamento não foram efectuados nem com a regularidade necessária, nem com a exactidão requerida para serem aproveitados para um trabalho de auditoria.

6.3 Recomendações

A análise da eficiência energética de um porto, nomeadamente do terminal multipurpose, não implica apenas estudar as infra-estruturas e condições existentes, mas também requer que os dados facultados sejam tão detalhados e completos quanto possível. Desta forma poderão ser identificadas com exactidão onde, como se pode e se deve actuar, para que cada equipamento consuma o mínimo de energia, sem afectar o desempenho esperado.

A apresentação de medidas a levar a cabo em resultado da auditoria que serviu de base ao presente trabalho referem-se a:

- ✓ Iluminação exterior do terminal
- ✓ Iluminação dos equipamentos
- ✓ Implementação de arrancadores suaves
- ✓ Implementação de um sistema solar térmico
- ✓ Referência à metodologia a adaptar para implementar o *cold ironing*
- ✓ Introdução de uma componente ambiental no cálculo para a aplicação da taxa de uso do porto nacional.

As medidas propostas resultantes do que se pôde quantificar, e são de fácil aplicação dizem respeito à iluminação exterior, iluminação dos equipamentos e implementação do sistema solar térmico, e corresponderão a uma redução de 3 % na factura energética anual do terminal. Perante isto, aconselha-se a aplicação destas medidas o mais rapidamente.

A implementação de contadores recomendada para os transportadores de correia é neste trabalho uma condição fundamental, para a obtenção de consumos de energia eléctrica mais próximos da realidade.

Deverá ser realizada uma nova auditoria energética, seis meses a um ano após implementação dos contadores individuais nos transportadores de correia e depois da adopção das recomendações sobre a iluminação e a implementação do sistema solar térmico. Esta auditoria deverá ser constituída por uma equipa multidisciplinar a qual deverá avaliar os processos e parâmetros que não se conseguiram quantificar, nomeadamente: realização do processo de retoma do carvão e redução do consumo de energia eléctrica ao corrigir-se o posicionamento da lança da stacker-reclaimer.

Apesar dos equipamentos do TMS existirem noutros locais, nomeadamente os transportadores de correia, as condições de funcionamento actuais são diferentes, variando conforme o local onde operam e as actividades a desenvolver. Assim sendo, é necessário que a equipa de auditores se desloque ao local para analisar a situação presente, podendo assim identificar com clareza as medidas que devem ser adoptadas para melhorar o desempenho energético do terminal, como a implementação de VEV e o estudo relativo ao sobredimensionamento excessivo dos motores dos transportadores de correia.

A sugestão de alteração da localização do transformador 3 permitiu ilustrar a importância do dimensionamento de uma rede eléctrica, demonstrando que existem poupanças de energia e monetárias significativas na factura das empresas. As secções determinadas para cada fonte de consumo deverão ser consideradas caso o prazo de concessão seja prolongado ou caso existam danos irreparáveis na rede eléctrica que afectem o transformador. A aplicabilidade deste exercício deverá ser analisada futuramente por especialistas da área,.

Relativamente à proposta de implementação do *cold ironing* no TMS, tal medida implica que várias entidades se reúnam, estejam em concordância entre si quanto à concretização do projecto e que sejam todas envolvidas na instalação deste sistema para que seja adoptada a melhor solução na construção das infra-estruturas necessárias, e para que os custos associados às alterações requeridas tornem a implementação mais fácil e barata.

Apesar de aumentar o consumo de energia eléctrica do lado do porto, o *cold ironing* apresenta-se por um lado como uma medida energética e ambiental eficiente, eliminando as emissões resultantes do processo *hotelling.* Por outro lado, se se associarem energias renováveis a este mecanismo, o consumo de energia eléctrica será menor, o processo torna-se mais limpo, e consequentemente o *cold ironing* será ainda mais eficaz. Acresce ainda que se

um navio tiver implementadas a bordo as condições necessárias para se abastecer desta forma, e o porto de Sines tiver capacidade para oferecer este serviço, o porto sai beneficiado, porque essa energia eléctrica será vendida ao navio. Com este sistema mais limpo beneficiam tanto a tripulação do navio como os trabalhadores do terminal com melhores condições de trabalho, em ambiente mais saudável.

Na sociedade actual a problemática de harmonizar os interesses económicos com os interesses ecológicos é uma iniciativa pela qual se deve continuar a combater. Visto que a História e economia portuguesas estão inevitável e compreensivelmente determinadas geograficamente pelo mar, porque não se pode, pois, agora, através de constantes melhorias e actualizações, adaptar esse facto à actualidade. Ao aliar-se a realidade geográfica à globalização económica, preparando assim o país para a competitividade dos mercados marítimos, e consequentemente aproveitando essa riqueza que é o mar e protegendo essa nossa fronteira a ocidente e sul, aplicando um sistema ambientalmente limpo como o do *cold ironing* é tornarmo-nos competitivos para um futuro melhor no nosso país.

É importante que se admita que presentemente o *cold ironing* continuará a apresentar-se como uma solução dispendiosa para combater as emissões resultantes da utilização de combustível marítimo, e esta situação permanecerá, enquanto não houver legislação internacional/europeia sobre a obrigatória necessidade de instalação deste sistema. O retorno deste investimento quer em termos imediatos (maior frequência de navios no porto) quer menos próximos (melhoria ambiental e relativa poupança económica) foi e é suficiente para permitir convencer os “lobbies” do sector em tantos outros países, que se querem perfilar em termos marítimos – porque não também em Portugal?

De referir que este sistema tem vindo a encontrar cada vez mais adeptos, porém, enquanto o *cold ironing* não adquire relevo internacional de destaque, que o torne óbvio e imprescindível a nível nacional, os navios deverão continuar a apostar em técnicas e boas práticas a realizar no mar. Estas técnicas passam pela utilização de combustível com baixo teor de enxofre, mas também pelas tecnologias que se encontram disponíveis para prejudicar o ambiente de forma menos agressiva e grave, respectivamente: SCR, *scrubber technique*, manutenção do casco.

Relativamente à introdução de uma componente ambiental a considerar na taxa de uso do porto, esta permitirá beneficiar ou penalizar os navios conforme contribuem com menores ou maiores emissões (desconto ou agravamento da taxa). Este incentivo é aplicável a todos os navios, não existindo restrições a petroleiros ou graneleiros, como acontece com o *Green*

Award. É também uma medida para melhoria da eficiência ambiental dos navios, assumida do lado do porto mas que se reflecte nas embarcações.

A componente ambiental a ser introduzida vem ao encontro da política marítima integrada da EU, pelo que a proposta apresentada neste trabalho deve ser atentamente analisada pelo IPTM.

Através dos contactos com os diversos fabricantes, havidos no âmbito deste trabalho, constatou-se, na generalidade, grande disponibilidade e, naturalmente, interesse das empresas que forneceram a maquinaria, em colaborar nesta avaliação do desempenho dos seus produtos. Deles depende o bom nome da PortSines, mas também a boa reputação das marcas e dos próprios fornecedores/fabricantes pelo que assim foram criadas condições para uma possível actuação futura em conjunto com a administração e responsáveis do TMS, que não deve ser ignorada.

6.4 Desenvolvimentos futuros

Considerando os resultados apresentados emergiram ideias que poderão ser estudadas no seguimento desta dissertação.

Propõe-se que sejam reunidos esforços para a realização imediata de um estudo de viabilidade técnica e económica para o *cold ironing* no TMS.

A introdução de uma componente ambiental a ser considerada na taxa de uso do porto nacional deverá ser aprofundada e afinada pelo IPTM.

Sugere-se a realização de um estudo epidemiológico para determinar os impactos, e quais, que a movimentação do carvão causa na saúde dos habitantes e trabalhadores do terminal. Isto permitirá que sejam analisadas as consequências resultantes das indústrias existentes a nível local/regional, na saúde da população.

“There can be no economy where there is no efficiency”

Benjamin Disraeli

Referências bibliográficas

ABACUS MARINE CONSULTANT, *Revision of MARPOL Annex VI and the NOx Technical Co*de, disponível em: http://www.abacusmarine.gr/MARPOL_Annex_VI_-_NOx_Technical_Code.pdf, consultado a 6 de Maio de 2009

ADENE (2008), *Portugal Eficiência Energética 2015 - Versão Sumário.* disponível em: http://www.adene.pt/NR/rdonlyres/0000025e/xiwmvghfwwtwwhwnykxfvxdfhuahbtfr/PortugalEficiência2015VersãoSumário.pdf, consultado a 15 de Agosto de 2009

AEE (2009), Eficiência energética, AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA, S.L.U., disponível em: http://www.eficienciaenergetica.es/faq.php, consultado a 22 de Setembro de 2009

AFONSO, J (2009), "E-mail", Ship pollution update, 30 Julho 2009, 12:32:27 PM

AAPA (2007), *Draft Use of Shore-Side Power for Ocean-Going Vessels - White Paper*, American Association of Port Authorities, Tetra Tech, Inc

APA (2008), *Relatório de Estado do Ambiente 2007*, ISBN *978-972-8577-46-9* , p. 41.

APO (2008), *Working manual on energy auditing in industries*. ISBN *92-833-7069-4,* Asian Productivity Organization

APS (2004, 2005, 2006, 2007), *Boletim Estatístico, Administração do porto de Sines, disponível em: http://www.portodesines.pt/pls/portal/go, consultado a 20 de Maio de 2009*

APS (2009), *Relatório de Sustentabilidade, Administração do porto de Sines, disponível em: http://www.portodesines.pt/pls/portal/go, consultado a 2 de Setembro de 2009*

APS (2009), Mapa do porto de Sines, disponível em: http://www.portodesines.pt/edoc/publishing/img/home_233/fotos/54172343891841470932.jpg, consultado a 13 de Junho de 2009

BCSD (2005), *Manual de boas práticas de eficiência energética - Implementar o desenvolvimento sustentável nas empresas*, BCSD Portugal Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável

BOND, P. (2008), Improving Fuel Efficiency through the Supply Chain? and the Ship Efficiency Management Plan, www.marisec.org/.../PBond%20-%20Ship%20Efficiency%20Management%20Plan%202.pdf, consultado a 30 de Junho de 2009

BP (2009), *BP Statistical Review of World Energy 2009,* disponível em*: http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2008/STAGING/local_assets/2009_downloads/statistical_review_of_world_energy_full_report_2009.pdf, consultado a 1 de Julho de 2009*

CALIFORNIA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – AIR RESOURCES BOARD (2006), disponível em: http://www.arb.ca.gov/ports/shorepower/report.pdf, consultado a 27 de Abril de 2009

CONCAWE, (1998), *Heavy fuel oils*, CONCAWE's Petroleum Products and Health Management Groups, Brussels

C40 Cities – Climate Leadership Group (2009), *Ships cut port-side emissions by up to 97% in Göteborg, Clinton Climate Iniciative, disponível em:* http://www.c40cities.org/bestpractices/ports/gothenburg_ships.jsp, consultado a 5 de Abril de 2009

C40 Cities (2008), Guidance document – Onshore Power Supply, World ports climate Conference, disponível em: http://www.portgot.se/prod/hamnen/ghab/dalis2b.nsf/vyFilArkiv/Onshore_power_supply.pdf/$file/Onshore_power_supply.pdf, consultado a 20 de Abril de 2009

DEV, P., HADDADIAN, V. (2005), *Cold ironing – power system grounding analysis and safety analysis*, IEEE Xplore

DRAFFIN, N. (2009), *An Introduction to Fuel Analysis*, ISBN 978-0-9548097-3-7, Petrospot, England

DRAFFIN, N. (2008), *An Introduction to Bunkering*, ISBN 978-0-9548097-1-3, Petrospot, England

DUTT, S. (2006), *Shore-side electricity for ships*, EcoPortsConference, Genoa, Session 6, Round 2, 14th December , disponível em: http://www.ecoports.com/ContentFiles/Shore-side%20electricity%20for%20ships.pdf, consultado a 6 de Maio de 2009

ENARSSON (2006), *Future Logistics Challenges,* Denmark, Copenhagen Business School Press

ENTEC UK LIMITED (2005) European Commission Directorate General Environment, Service Contract on Ship Emissions*: Assignment, Abatement and Market-based Instruments, Task 2a – Shore-Side Electricity Final Report*, August 2005;

ERICSSON, P, FAZLAGIC, I. (2008), *Shore-Side power supply –A feasibility study and a technical solution for an on-shore electrical infrastructure, to supply vessels with electric power while in port*, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden

EUR-Lex (1996), Decisão da Comissão de 29 de Maio de 1996 que autoriza Portugal a conceder um auxílio a favor da indústria do carvão a título dos anos de 1995 e 1996, *Jornal Oficial das Comunidades Europeias*, 20-21.

EUR-Lex (2009), *REGULAMENTO (CE) N.245/2009 DA COMISSÃO*, Jornal Oficial da União Europeia L 76/17 .

EMSA (2007), *Final Report – Study on ships producing reduced quantities of ships generated waste – present situation and future opportunities to encourage the development of cleaner ships*, European Maritime Safety Agency, Hamburg Port Training Institute GmbH

EUROSTAT (2007_a), *Energy - Yearly Statistics*, ISBN 978-92-79-06483-8 , p. 326.

EUROSTAT (2007_b), *Energy, transport and environment indicators*, ISSN 1725-4566 , p. 22.

Eurostat (2009_c), tsdpc320, disponível em: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/main_tables, consultado a 2 de Julho de 2009

Eurostat (2009_d), tsien020, disponível em: http://epp.eurostat.ec.europa.eu/portal/page/portal/energy/data/main_tables, consultado a 22 de Junho de 2009

FRANSEN, J. (2009), GreenPort-2009, Green Award Foundation, disponível em: http://www.pmaesa.org/gp2009/40_Fransen.pdf; consultado a 6 de Maio de 2009

GARRETT, J., *Qualship 21 Iniciative and the promotion of quality shipping, US Coast Guard Far East Activities*, disponível em: http://www.jterc.or.jp/1_9shinpo/james.pdf, consultado a 17 de Maio de 2009

GASPAR, C., (2004), *Eficiência Energética na Industria – Cursos de Utilização Racional de Energia*, ADENE, Gaia

GOEIJ, H., FRANSEN, J., (2003), *The Link Between Environment and Commercial Services (and Commercial Sense)*, Tokyo, disponível em: http://www.jterc.or.jp/1_9shinpo/hans_jan.pdf, consultado a 3 de Maio de 2009

GREEN AWARD FOUNDATION *(2008) Seacure for Operations*, 10 th Edition / revision 0, Green Award Foundation, Rotterdam, The Netherlands

GREEN AWARD FOUNDATION (2009), *Green Award certified ships*, disponível em, http://www.greenaward.org/PDF's/GA%20Ships.pdf, consultado a 22 de Junho de 2009

GREEN AWARD FOUNDATION (2009), *Green Award Incentive Providers disponível em:* http://www.greenaward.org/PDF's/GA%20Incentive%20providers%20updated%2029-07-2009.pdf, consultado a 26 de Abril de 2009

HEIM, K. (2008), *Engine and SO_x scrubber technologies to meet IMO fuel quality requirements on sulphur and SO_x,* CIMAC Circle SMM 2008, Hamburg

HELCOM (2006), *Economic Incentives as a Complement to existing regulations for improvement of the environmental performance shipping*, Estonia, Helsinki Commission.

HERRING, H. (2006), *Energy efficiency - a critical view*, Elsevier Science Ltd, 10 - 20.

IMO (2009), *Prevention of air pollution from ships*, Second IMO GHG Study 2009

INTERTANKO (2006), *USCG QUALSHIP 21*, disponível em: http://www.intertanko.com/templates/intertanko/issue.aspx?id=18781, consultado a 13 de Maio de 2009

IMO (2009), *Overview of Shipping and Navigation history*, disponível em: http://www.imo.org/includes/blastDataOnly.asp/data_id%3D21794/Overviewofshippingandnavigationhistory.pdf, consultado a 3 de Maio de 2009

JIVÉN, K., (2004), *Shore-side electricity for ships in ports - Case studies with estimates of internal and external costsm prepared for the North Sea Commission,* Gothenburg, MartiTerm AB.

JONSON, J. et al (2000), *Effects of international shipping on European pollution levels*, EMEP MSC-W Report 2000, ISSN 0332-9879, Det Norske Meteorologiske Institutt

KHERSONSKY, Y. et al (2007), *Challenges of connecting shipboard marine systems to medium voltage shoreside electrical power*, IEEE Transactions on industry applications, 43 (3)

KÅGESON, P. (2005), *Economic instruments for reducing emissions from sea transport,* ISBN: 91-973691-1-X, Williamssons Offset, Solna, Sweden

MAN DIESEL (2006), *Propulsion Trends in Bulk Carriers,* MAN B&W Diesel A/S, Copenhagen, Denmark

MEPC (2009), *Guidance On Best Practices For Fuel-Efficient Operation Of Ships,* MARINE ENVIRONMENT PROTECTION COMMITTEE 58/WP.8, Annex 3

MEPC (2008), *Amendments to the annex of the protocol of 1997 to amend the international convention for the prevention of pollution from ships, 1973, as modified by the protocol of 1978 relating thereto – Revised MARPOL Annex VI*, Marine Environment Protection Committee 58/23/Add.1 - Annex 13, Resolution MEPC.176(58), adopted on 10 October 2008, disponível em: http://www.imo.org/includes/blastDataOnly.asp/data_id%3D23760/176%2858%29.pdf, consultado a 4 de Maio de 2009

MARORKA, disponível em: http://www.marorka.com/environment/imo-and-legislative-issues/#tab2, consultado a 12 de Agosto de 2009

NANIOPOULOS, A. et al (2006), *Sustainable Development of Port Operations: The role of research Led Education,* disponível em: *www.ecoports.com/ContentFiles/KefaloniaEDUCATION06v2.pdf, consultado a 13 de Julho de 2009*

NERA (2005), *Economic Instruments for Reducing Ship Emissions in the European Union,* European Commission, Directorate-General Environment, London, NERA ECONOMIC CONSULTING UK

North Sea Commission (2005), *Information concerning the applied incentives to curb ship emissions from vessels calling upon the Swedish ports*, North Sea Ministerial Meeting on Environmental Impacts of Shipping and Fisheries, disponível em: www.westcoastdiesel.org/.../North%20Sea%20Ministerial%20Meeting.doc, consultado em 25 de Junho de 2009

NUNES, C. P. (2009), *Uma Melhor Eficiência Energética na Indústria Portuguesa*, disponível em: http://www.ordemengenheiros.pt/oe/conferencia_energia/Clemente%20Pedro%20Nunes.pdf, consultado a 3 de Julho de 2009

OLIVEIRA, F. (2008), *Conferência "As Empresas e a eficiência energética – Consumos e racionalização"*, Ermesinde.

PETERSON, K. et al (2007), *State of shore power standards for ships*, IEEE Xplore, Paper No. PCIC-2007-23

PORTSINES (2009), *Manual da Qualidade e Ambiente, PortSines*

QREN (2009), *Referencial "Implementação de Medidas de Eficiência Energética"*, disponível em: www.incentivos.qren.pt/.../20090624_AAC17_SIPME_Indiv_ENERGIA.pdf, consultado a 13 de Julho de 2009

Recommendation 2006/339/EC on the promotion of shore-side electricity for use by ships at berth in Community ports (2006), Official Journal of the European Union Commission

RODRIGUE, J. et al. (2009), *The geography of transport systems,ISBN* 978-0-415-48324-7, Routledge, New York, disponível em: http://www.people.hofstra.edu/geotrans/*, consultado a: 13 de Junho de 2009*

ROGALSKA, B. (2008), *Cold ironing can reduce air pollution and noise at the port*, Baltic Transport Journal, 39.

SEAS AT RISK, *Air pollution from ships*, Bellona Foundation, North Sea Foundation, European Environmental Bureau, Swedish NGO Secretariat on Acid Rain, disponível em: http://www.flad.pt/documentos/1227109470G4fJQ9kv7Mi01DK7.pdf, consultado a 4 de Maio de 2009

SENES & AIR (2004), *Review of Methods Used in Calculating Marine Vessel Emission Inventories*, SENES Consultants Limited & Air Improvement Resource, Inc., Canada, disponível em: http://www.westcoastcollaborative.org/files/sector-marine/Review%20of%20Methods%20Used%20in%20Calculating%20Marine%20Vessel%20Emission.pdf, consultado a 15 de Junho de 2009

STOPFORD, M. (1997), *Maritime Economics*, ISBN 0-415-15309-3, Second Edition, Routledge, Oxon, England

SWAHN, H. (2002), *Environmentally differentiated fairway charges in practice – the Swedish experience*, IMPRINT-EUROPE, Brussels, Bélgica

TEVES, H. (1999), Máquinas eléctricas - Máquinas de corrente contínua, Curso de mecânica, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa

United Nations Conference on Trade and Development (2009), *Review of maritime transport 2008*, ISBN 978-92-1-112758-4, United Nations

United Nations Conference on Trade and Development (2007), *Review of maritime transport 2007*, ISBN 978-92-1-112725-6, United Nations, New York and Geneva;

Apêndice I – Cold Ironing: custos associados à etapa 4.

Quadro I.1 – Custos estimados para fornecimento de energia eléctrica no cais, para instalação de uma nova rede, dependendo da posição dos equipamentos como representado na Figura 3.17 (ENTEC, 2005)

Etapa		Unidades	Todo o tipo de motores auxiliares
	Custo de instalação de cabos no terminal		
4	Cabos de alta tensão (10 kV)	(€/m)	12,5
4	Custo de canalizações	(€/m)	125
4	Distância do terminal até ao cais	(m)	250
4	Equipamentos	(€)	9 120
4 e 5	Construção, instalação, custos de engenharia (% sobre custos dos materiais)	(%)	100 %
4 e 5	Custo total de instalação no terminal	(€)	86 990
4	Número de cais por porto	(-)	2
4 e 5	Custo de instalação de cabos no terminal por cais	(€)	43 495
	Custos Anuais	(€/ano)	2 200

Apêndice II – Cold Ironing: custos totais

Quadro II.1 - Custo para a implementação do *cold ironing* por cais considerando as várias etapas apresentadas na Figura 3.17.
(ENTEC, 2005)

		Dimensão do motor do navio		
		Pequeno	Médio	Grande
Etapa 1 e 2	Ligação da rede ao terminal (€)	532 024	532 024	532 024
	Tempo de vida útil (anos)	30	30	30
	Custos anuais (€/ano)	30 767	30 767	30 767
Etapa 3	Conversor de energia (€)	262 500	350 000	437 500
	Tempo de vida útil (anos)	20	20	20
	Custos anuais por cais que serve navio com 60 Hz (€/ano)	19 315	25 754	32 192
	Fracção de cais que servem navios com 60 Hz (%)	50%	50%	50%
	Média anual de custos por cais (€)	9 658	12 877	16 096
Etapa 4	Investimento da instalação de cabos (€)	182 400	182 400	182 400
	Tempo de vida útil (anos)	40	40	40
	Custos anuais (€/ano)	9 215	9 215	9 215
Etapa 5a	Investimentos adicionais para a instalação de cabos no terminal para navios que utilizam gruas	182 400	182 400	182 400
	Tempo de vida útil (anos)	40	40	40
	Investimento médio por cais (€)	114 912	114 912	114 912
	Média anual de custos por cais (€)	5 806	5 806	5 806
Etapa 5b	Sistema de bobine de cabos (€)	152	152	152
	Tempo de vida útil (anos)	30	30	30
	Custos anuais (€/ano)	8 790	8 790	8 790
Investimento total por cais (€)	-	1 112 586	1 156 336	1 200 086
Investimento Anual por cais (€)	-	64 236	67 455	70 674

Apêndice III – Rede Eléctrica do TMS

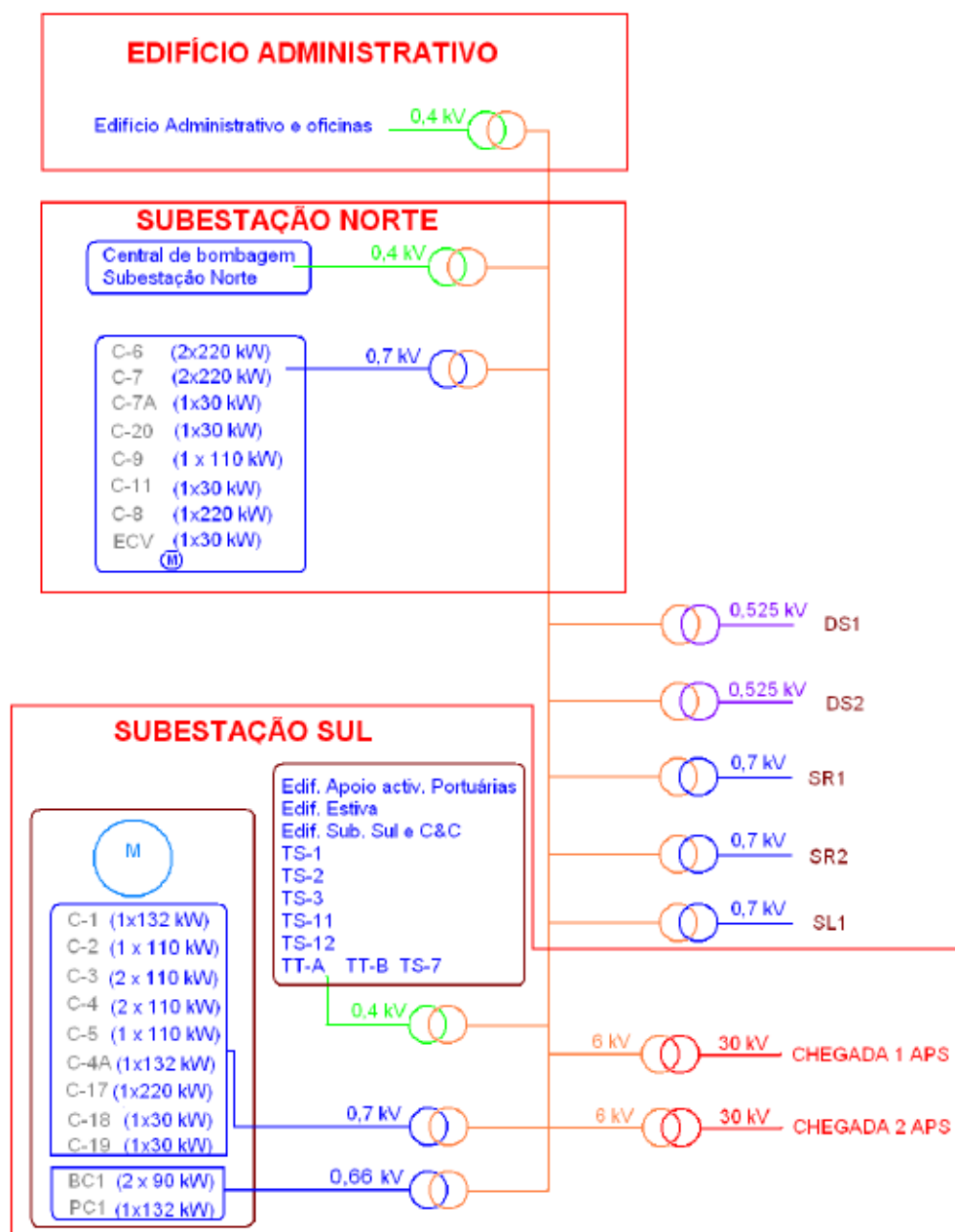



Figura III.1 - Distribuição da energia eléctrica pelo TMS.

Apêndice IV – Transportadores

Quadro IV.1 – Principais características utilizadas ao longo do trabalho e fornecimento das mesmas às entidades competentes.

Transportador	Potência (kW)	Intensidade (A)	Tensão (V)	Cos φ	rpm	Comprimento (m)	Inclinação (º)
C1	132	134	690	0,87	1 480	600	0
C2	110	112	690	0,86	1 475	590	0
C3	110	112	690	0,88	1 475	120	12,4
C4	110	112	690	0,86	1 475	110	12,4
C5	110	112	690	0,86	1 475	210	0
C6	220	222	690	0,86	1 490	1 315	12
C7	220	222	690	0,86	1 475	1 170	12
C7A	132	134	690	0,87	1 475	130	13,23
C8	220	222	690	0,85	1490	203	13,23
C9	110	112	690	0,88	1 475	223	12
C11	30	31	690	0,89	1 465	20	0

Todos os transportadores têm velocidade igual 3,8 m/s.

Quadro IV.2 – Funcionamento dos transportadores no período analisado.

		Tempo de funcionamento (horas)				
Transportador	**Designação enviada às empresas**	**2004**	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**
C1	**A**	1 736	2 040	2 560	900	2 380
C2	**B**	1 900	2 012	2 003	1 515	1 472
C3	**C**	1 600	1 656	1 428	1 335	993
C4	**D**	1 487	1 596	1 709	1 367	1 161
C5	**E**	1 547	1 651	1 434	1 285	1 070
C6	**F**	2 500	3 096	2 554	1 750	1 700
C7	**G**	2 320	2 773	2 827	2 800	2 700
C7A	**H**	740	1 910	2 050	1 600	1 650
C8	**I**	1 150	1 350	1 380	920	1 300
C9	**J**	1 600	1 920	1 600	1 450	1 300
C11	**K**	755	783	700	450	471

Apêndice V – Características equipamentos consumidores de combustível

Quadro V.1 – Características dos equipamentos consumidores de combustível.

Matrícula	Marca	Modelo	Aquisição	Potência (CV)	Potência (kW)	Cilindrada (cc)	Consumo Médio (L/h)	Peso operacional (kg)
PC-001	Caterpillar	936F	1992	144	106	7 000	14,0	13 500
PC-002	Caterpillar	936F	1992	144	106	7 000	14,0	13 500
PC-003	Caterpillar	950F	1993	197	145	9 000	16,0	17 000
PC-004	Caterpillar	950F	1993	197	145	9 000	16,0	17 000
PC-005	Caterpillar	IT28B	1993	87	64	5 200	5,5	10 300
PC-006	Furukawa	365II	1997	275	202	10 820	22,0	22 000
PC-007	Caterpillar	938GII	2006	186	137	7 200	9,0	14 700
PC-008	Volvo	L220F	2008	-	259	12 000	28,7	33 000
BU-001	Liebherr	PR732	1994	179	132	12 000	20,0	25 000
BU-002	Liebherr	PR732	1994	179	132	12 000	20,0	25 000
LT-001	Vollert	Robot Shunt	1992	149	110	9 570	8,0	80 000
LT-002	Vollert	Robot Shunt	1992	149	110	9 570	8,0	80 000
Bobcat	Bobcat	751	1997	38	28	1 900	2,0	2 360
Grua	Sennebogen	M825	2000	149	110	10 000	11,0	24 000
Grua	Liebherr	LHM 150	2001	543	400	9 408	58,0	146 000

Apêndice VI – Equipamentos consumidores de combustível

QuadroVI.1 – Consumos de gasóleo determinados com base nos dados facultados.

	Consumo de gasóleo (L)				
	2004	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**
BOBCAT	3 192	2 497	2 398	1 961	sem dados
BU-001	1 639	1 818	5 116	8 965	sem dados
BU-002	6 509	7 771	4 773	4 379	sem dados
LT-001	11 544	13 332	7 555	11 454	sem dados
LT-002	3131	4 370	11 777	4 774	sem dados
PC-001	3 783	5 877	6 047	5 836	8 934
PC-002	7277	4 021	6 835	7 761	7 294
PC-003	8 199	6 830	11 473	6 808	20 390
PC-004	2 897	7 766	6 128	12 439	9 431
PC-005	6 161	4 565	3 693	3 974	3 755
PC-006	11 169	20 601	11 670	21 622	3 755
PC-007	-	-	-	9 590	30 305
PC-008	-	-	-	-	11 916
Sennebogen	13 365	7 434	8 068	6 103	2 260
Liebherr	33 060	9 048	99 818	46 574	26 100

Quadro VI.2 – Tempo de funcionamento, em horas, determinado com base nos dados facultados.

	Tempo de funcionamento (horas)				
	2004	**2005**	**2006**	**2007**	**2008**
BOBCAT	1 108	963	745	514	638
BU-001	1 056	65	204	343	6
BU-002	242	263	176	151	587
LT-001	284	1 411	759	1 229	937
LT-002	389	475	1 312	420	918
PC-001	336	522	562	488	661
PC-002	283	1 404	1 487	542	501
PC-003	404	339	639	328	1390
PC-004	365	396	391	847	517
PC-005	795	605	166	435	382
PC-006	518	903	503	987	382
PC-007	-	-	-	570	2 228
PC-008	-	-	-	-	629
Sennebogen	753	504	518	423	160
Liebherr	570	156	1721	803	450

Apêndice VII – Iluminação

QuadroVII.1 – Equivalências lâmpada convencial / LED.

Lâmpada Convencional	LED
dicróica 50 W	3 W
Filamento 75 W	8 W
Filamento 150 W	15 W
Fluorescente 60 cm - 18 W	Tubular 60 cm - 8 W
Fluorescente 120 cm - 36 W	Tubular 120 cm - 18 W
Fluorescente 150 cm - 58 W	Tubular 150 cm - 18 W
Vapor de Sódio 150 W	Projector 20W
Vapor de Sódio 250 W	Projector 50W
Vapor de Sódio 400 W	Projector 80W
Vapor de Sódio 600 W	Projector 100W
Vapor de Sódio 1000 W	Projector 150W

Quadro VII.2 – Características gerais da Cosmopolis da Philips

SGS453	Modelo da luminária Iridium (versão com o corpo em alumínio)
CPO-TW140	Designação da potência da lâmpada Cosmopolis
GB	Indica que a luminária tem um difusor em vidro lenticular
CR	"Closed Reflector": indica que a luminária tem um duplo IP66
P11	Posição da lâmpada dentro da luminária

Apêndice VIII – Proposta da Siemens para colocação de VEV nos transportadores de correia.

SIEMENS

Contacto:	Vera Fernandes
Projecto:	Pedido de Orçamento VEV para Transportadores de Correia

Transportador	Referência	Opções	Potência (kW)	Descrição	Qt.
A	6SL3710-7LG31-8AA0-Z	L26	132	SINAMICS S150 CONVERTER CABINET UNIT, AC/AC 3AC 500-690V, 50/60HZ UNIT RATING: 160KW IMPULSE-COMMUTATED SUPPLY WITH POWER RECOVERY VERSION A, INCL. EMV-FILTER 2. AMB. CONDITION, CATEGORY C3, L26=MAIN SWITCH, INCL. FUSE OR CIRCUIT-BREAKER	1
B	6SL3710-7LG31-5AA0-Z	L26	110	SINAMICS S150 CONVERTER CABINET UNIT, AC/AC 3AC 500-690V, 50/60HZ UNIT RATING: 132KW IMPULSE-COMMUTATED SUPPLY WITH POWER RECOVERY VERSION A, INCL. EMV-FILTER 2. AMB. CONDITION, CATEGORY C3, L26=MAIN SWITCH, INCL. FUSE OR CIRCUIT-BREAKER	1
C	6SL3710-7LG31-5AA0-Z	L26	110	SINAMICS S150 CONVERTER CABINET UNIT, AC/AC 3AC 500-690V, 50/60HZ UNIT RATING: 132KW IMPULSE-COMMUTATED SUPPLY WITH POWER RECOVERY VERSION A, INCL. EMV-FILTER 2. AMB. CONDITION, CATEGORY C3, L26=MAIN SWITCH, INCL. FUSE OR CIRCUIT-BREAKER	1
D	6SL3710-7LG31-5AA0-Z	L26	110	SINAMICS S150 CONVERTER CABINET UNIT, AC/AC 3AC 500-690V, 50/60HZ UNIT RATING: 132KW IMPULSE-COMMUTATED SUPPLY WITH POWER RECOVERY VERSION A, INCL. EMV-FILTER 2. AMB. CONDITION, CATEGORY C3, L26=MAIN SWITCH, INCL. FUSE OR CIRCUIT-BREAKER	1
E	6SL3710-7LG31-5AA0-Z	L26	110	SINAMICS S150 CONVERTER CABINET UNIT, AC/AC 3AC 500-690V, 50/60HZ UNIT RATING: 132KW IMPULSE-COMMUTATED SUPPLY WITH POWER RECOVERY VERSION A, INCL. EMV-FILTER 2. AMB. CONDITION, CATEGORY C3, L26=MAIN SWITCH, INCL. FUSE OR CIRCUIT-BREAKER	1
F	6SL3710-7LG33-3AA0-Z	L26	220	SINAMICS S150 CONVERTER CABINET UNIT, AC/AC 3AC 500-690V, 50/60HZ UNIT RATING: 315KW IMPULSE-COMMUTATED SUPPLY WITH POWER RECOVERY VERSION A, INCL. EMV-FILTER 2. AMB. CONDITION, CATEGORY C3, L26=MAIN SWITCH, INCL. FUSE OR CIRCUIT-BREAKER	1
G	6SL3710-7LG33-3AA0-Z	L26	220	SINAMICS S150 CONVERTER CABINET UNIT, AC/AC 3AC 500-690V, 50/60HZ UNIT RATING: 315KW IMPULSE-COMMUTATED SUPPLY WITH POWER RECOVERY VERSION A, INCL. EMV-FILTER 2. AMB. CONDITION, CATEGORY C3, L26=MAIN SWITCH, INCL. FUSE OR CIRCUIT-BREAKER	1
H	6SL3710-7LG31-8AA0-Z	L26	132	SINAMICS S150 CONVERTER CABINET UNIT, AC/AC 3AC 500-690V, 50/60HZ UNIT RATING: 160KW IMPULSE-COMMUTATED SUPPLY WITH POWER RECOVERY VERSION A, INCL. EMV-FILTER 2. AMB. CONDITION, CATEGORY C3, L26=MAIN SWITCH, INCL. FUSE OR CIRCUIT-BREAKER	1
I	6SL3710-7LG33-3AA0-Z	L26	220	SINAMICS S150 CONVERTER CABINET UNIT, AC/AC 3AC 500-690V, 50/60HZ UNIT RATING: 315KW IMPULSE-COMMUTATED SUPPLY WITH POWER RECOVERY VERSION A, INCL. EMV-FILTER 2. AMB. CONDITION, CATEGORY C3, L26=MAIN SWITCH, INCL. FUSE OR CIRCUIT-BREAKER	1
J	6SL3710-7LG31-5AA0-Z	L26	110	SINAMICS S150 CONVERTER CABINET UNIT, AC/AC 3AC 500-690V, 50/60HZ UNIT RATING: 132KW IMPULSE-COMMUTATED SUPPLY WITH POWER RECOVERY VERSION A, INCL. EMV-FILTER 2. AMB. CONDITION, CATEGORY C3, L26=MAIN SWITCH, INCL. FUSE OR CIRCUIT-BREAKER	1
K	6SL3225-0BH33-0UA0		30	SINAMICS G120 POWER MODULE PM260 WITHOUT FILTER POSSIBILITY OF REGENERATION 3AC660-690V +10/-10% 47-63HZ OUTPUT HIGH OVERLOAD: 30KW FOR 200% 3S,150% 57S,100% 240S AMBIENT TEMP -10 TO +50 DEG C OUTPUT LIGHT OVERLOAD: 37KW FOR 140% 3S,110% 57S,100% 240S AMB	1
	6SL3244-0BA20-1PA0			SINAMICS G120 CONTROL UNIT CU240S DP S-TYPE STANDARD PROFIBUS DP 9 DI, 3 DO, 2 AI, 2 AO PTC/KTY INTERFACE EM-BRAKE RELAY, MMC INTERFACE ENCODER INTERFACE PROTECTION IP20 AMBIENT TEMP -10 TO +50 DEG C WITHOUT POWER MODULE AND BOP	1
	6SL3255-0AA00-4BA1			BASIC OPERATOR PANEL (BOP)	1